



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

ADMAR JUNIOR COLETTI

**CULTIVO DE MILHO CONSORCIADO COM CAPIM-PIATÃ EM
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA**

Ilha Solteira
2016

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CULTIVO DE MILHO CONSORCIADO COM CAPIM-PIATÃ EM
SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA**

ADMAR JUNIOR COLETTI

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia
- UNESP - Campus de Ilha Solteira, para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Especialidade: Sistemas de
Produção.

Prof. Dr. Edson Lazarini

Orientador

Dr^a. Roberta Aparecida Carnevalli

Co-orientadora

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C698c Coletti, Admar Junior.
Cultivo de milho consorciado com capim-piatã em sistema de integração
lavoura-pecuária-floresta / Admar Junior Coletti. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2016
66 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2016

Orientador: Edson Lazarini

Co-orientador: Roberta Aparecida Carnevalli

Inclui bibliografia

1. *Zea mays*. 2. *Urochloa brizantha*. 3. *Eucalyptus*. 4. Consórcio. 5.
Sombreamento. 6. Produtividade.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Cultivo de milho consorciado com capim-piatã em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta

AUTOR: ADMAR JUNIOR COLETTI

ORIENTADOR: EDSON LAZARINI

CO-ORIENTADORA: ROBERTA APARECIDA CARNEVALLI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. LEANDRO COELHO DE ARAUJO

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. JOAO ANTONIO DA COSTA ANDRADE

Departamento de Biologia e Zootecnia / FEIS / UNESP - Ilha Solteira, SP



Dr. WANDER LUÍS BARBOSA BORGES

Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais / Instituto Agronômico



Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS

Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

Ilha Solteira, 25 de julho de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ADMAR JUNIOR COLETTI, filho de Admar Jorge Formigheiri Coletti e Ivone Coletti, nasceu em Vilhena/RO, em 25 de agosto de 1985. Boa parte da infância e da adolescência viveu em Guajará-Mirim/RO, onde cursou o ensino fundamental. Em março de 2001, ingressou no ensino médio e profissionalizante de nível técnico no Centro Federal de Educação Tecnológica de Cuiabá/MT (CEFET - Colégio Agrícola de São Vicente da Serra), concentrando seus estágios na área de gado leiteiro e de corte, obtendo em 2004 o título de Técnico em Agropecuária com habilitação em Zootecnia. Em março de 2006, ingressou no curso de Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus de Tangará da Serra/MT, obtendo em dezembro de 2009 o título de Engenheiro Agrônomo. Em março de 2010, iniciou o Mestrado em Agronomia como aluno regular, vinculado ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FEIS/UNESP), concentrando seus estudos na área de consórcios entre culturas graníferas e forrageiras, defendendo a dissertação em fevereiro de 2012. Em março de 2012, ingressou no Doutorado em Agronomia como aluno regular, vinculado ao Programa de Pós-Graduação da FEIS/UNESP, concentrando seus estudos em consórcios entre culturas graníferas e forrageiras, dentro de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, defendendo a tese em julho de 2016. Desde março de 2015, é professor Assistente da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus Universitário de Sinop/MT, lotado no Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, curso de Engenharia Agrícola e Ambiental.

DEDICO,

Aos meus pais Admar e Ivone, que me deram não somente a vida, mas o amor, carinho, compreensão, dedicação, educação, incentivo, não medindo esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos em todos os momentos de minha vida. Por isso, à vocês dedico minha eterna gratidão, respeito, amor e, principalmente, minha total admiração pelo exemplo de vida.

À minha esposa Maria que foi determinante em minhas decisões, sempre com muito amor, me deu apoio e incentivo, fazendo com que eu buscasse atingir os meus objetivos.

Amo vocês.

OFEREÇO

Às minhas irmãs Eliziani e Josiani, ao meu irmão Fabricio e aos meus sobrinhos Mateus e Lucas, pela amizade, incentivo e companheirismo e que por mais distantes que estivéssemos ajudaram-me a enfrentar as dificuldades, bem como dividir as alegrias.

Aos meus avós maternos Dirceu Bonfante (in memorian) e Guilhermina Cagnini Bonfante, e aos meus avós paternos Valdemar Coletti (in memorian) e Alices Ignes Formigheiri (in memorian), pelo amor e educação.

À todos, vos ofereço.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo Dom da vida, por me dar forças para encarar os obstáculos, sempre me iluminando nesta caminhada.

À minha família, sempre atuante de todas as formas em minha vida, estendendo-me a mão independente dos momentos em que me encontrei, mostrando-me os valores da vida, dando-me forças para atingir os objetivos.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/SP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – FEIS/UNESP, pela oportunidade concedida para realização deste curso.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL, pela oportunidade de desenvolvimento dos experimentos de tese, concedendo além da estrutura física para a realização das atividades, o conhecimento técnico pelos profissionais ali inseridos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson Lazarini, pela amizade, orientação e principalmente pela confiança ao liberar-me para a condução dos experimentos fora de sua alçada. Muito Obrigado, saiba que sua confiança foi determinante para meu crescimento profissional, pois pude me efetivar em uma instituição com muita perspectiva de crescimento, além de me instalar em uma das melhores cidades do Mato Grosso para se viver.

À minha co-orientadora Roberta Aparecida Carnevalli, pela oportunidade de ouro oferecida, pela amizade, pela confiança e principalmente

pela orientação na condução deste trabalho. Muito Obrigado pelas várias oportunidades que tem concedido-me em seus projetos da Embrapa.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) da FEIS/UNESP, pelos conhecimentos transmitidos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

Aos companheiros que me ajudaram diretamente na realização deste trabalho: Andréia Cristina Tavares de Mello, Antonio Carlos Buchelt, Eduardo Manfrin, Elder Coletto, Emanuele, Giovane, Gleiseane da Silva, Juliana Custódio, Larissa Garcia, Marcos Demicheli, Maurício Marschall, Rafael Almodavar, Steben Crestani e Suelen Matiero, pelo apoio no desenvolvimento desta tese.

Aos funcionários da EMBRAPA, pelos esforços perante a realização deste trabalho.

Enfim, à todos que direta e indiretamente contribuíram na minha formação.

Meus sinceros agradecimentos !!!

RESUMO

A necessidade de diversificação de produtos e a busca por sistemas de produção agropecuários sustentáveis são as principais justificativas para a integração entre agricultura, pecuária e silvicultura. Desta forma, objetivou-se verificar em dois experimentos com espaçamento entrelinhas (0,45 e 0,90 m) da cultura do milho, dentro de um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta: 1) os efeitos das condições de luminosidade nas características agronômicas da cultura do milho; 2) os efeitos das densidades de semeadura do capim-piatã no desenvolvimento da cultura do milho; 3) os efeitos das condições de luminosidade, do consórcio e das densidades de semeadura na produtividade do capim-piatã. Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Agrossilvipastoril, localizada em Sinop/MT (11°51'43" S, 55°35'27" W e altitude de 384 m), com solo do tipo Latossolo Vermelho-amarelo, em uma base experimental de sistemas integrados constituído por eucalipto, milho e capim-piatã. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas, com duas condições de luminosidade (pleno sol e sombreado) nas parcelas e quatro densidades de semeadura do capim-piatã (0, 2, 4 e 6 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis) nas subparcelas. Foram mensurados os teores foliares de macro e micronutrientes do milho, algumas características agronômicas do milho e a produção de massa seca do milho e da parte aérea do capim-piatã. A condição sombreada afetou o diâmetro de colmo, o comprimento e diâmetro de espigas, o número de grãos por espiga, a massa de cem grãos e a massa seca das plantas de milho, comprometendo a produtividade de grãos da cultura, em ambos os experimentos avaliados. A produtividade de grãos obtida nas plantas de pleno sol foi superior às plantas sombreadas em 74,5 e 130,0%, respectivamente, para os experimentos com espaçamento 0,45 e 0,90 m. Também desta forma, verificou-se acréscimo na produção de massa seca do capim-piatã na colheita do milho de 52,9 e 63,5%, respectivamente, para o espaçamento 0,45 e 0,90 m, nas plantas de pleno sol. As densidades de semeadura do capim-piatã não influenciaram a produtividade de grãos da cultura do milho, em consórcio, entretanto reduziu de forma intensa a massa seca das plantas de milho. A densidade de semeadura de 6 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis de capim-piatã produziram as maiores quantidades de massa seca no momento da colheita do milho, nos experimentos testados.

Palavras-chave: *Zea mays*. *Urochloa brizantha*. *Eucalyptus*. Consórcio. Sombreamento. Produtividade.

ABSTRACT

CULTIVATION OF MAIZE INTERCROPPING WITH GRASS PIATÃ IN A SYSTEM OF CROP-LIVESTOCK-FOREST

The need for product diversification and the search for sustainable agricultural production systems are the main reasons for the integration of agriculture, livestock and forestry. Thus, this study aimed to verify in two experiments with maize crop row spacing (0.45 and 0.90 m), within a system of Crop-Livestock-Forest integration: 1) the effects of luminosity conditions on the agronomic characteristics of maize; 2) the effects of plant densities of grass *piatã* in the development of maize; 3) the effects of lighting conditions, the consortium and sowing densities in the productivity of grass *piatã*. The experiments were conducted at Embrapa Agrossilvipastoril, located in Sinop, at Mato Grosso (11°51'43" S, 55°35'27" W and altitude of 384 m), with soil type Latosol Red-yellow, on experimental area integrated systems consisting of *Eucalyptus*, maize and *piatã* grass. The experimental design was randomized complete block, with four replications, in a split-plot arrangement with two luminosity conditions (full sun and shaded) allocated to the plots and four sowing densities of *piatã* grass (0, 2, 4 and 6 kg ha⁻¹ of pure and viable seeds) to the subplots. Were measured the leaf content of macro and micronutrients maize, some agronomic characteristics of maize and dry matter production of maize and shoots of *piatã* grass. The shaded conditions affected the stem diameter, length and diameter of ears, number of grains per spike, mass hundredfold and the dry weight of maize plants, compromising the productivity of crop grain in both evaluated experiments. The grain yield obtained in full sun plants was higher than shaded plants in 74.5 and 130.0%, respectively, for experiments with 0.45 and 0.90 m spacing. Also in this manner, there was an increase in dry mass of the *piatã* grass maize harvest 52.9 and 63.5%, respectively, for spacing 0.45 m and 0.90 m, in plants full sun. The seeding density of the *piatã* grass not influence the productivity of maize grains in a consortium, however reduces intensely dry mass of maize plants. The seeding rate of 6 kg ha⁻¹ of pure and viable seeds of *piatã* grass produced the highest amount of dry matter at harvest maize, in test experiments.

Keywords: *Zea mays*. *Urochloa brizantha*. *Eucalyptus*. Consortium. Shadowing. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Foto aérea da área experimental com representação dos quatro quadrantes contendo os arranjos de árvores que caracterizaram as condições de luminosidade. Sinop/MT, Brasil (2012/13)..... 27
- Figura 2-** Temperatura (°C) máxima (T° máx), média (T° méd) e mínima (T° mín); radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹); e precipitação pluviométrica (mm), ao longo da condução do experimento. Sinop/MT, Brasil (2012/13). 28
- Figura 3-** Esquema da subparcela experimental para a condição de luminosidade sombreada, na densidade de semeadura de 0 kg ha⁻¹, nos experimentos com espaçamento entrelinhas da cultura do milho de 0,45 e 0,90 m. Sinop/MT, Brasil (2012/13)..... 29
- Figura 4-** Efeito das densidades de semeadura do capim-piatã dentro da condição de luminosidade sombreada, referente ao teor de potássio, em folhas da cultura do milho, no experimento com espaçamento 0,90 m. Sinop/MT, Brasil (2012/13)..... 40
- Figura 5-** Efeito das densidades de semeadura do capim-piatã na massa seca de plantas de milho (MSM), no experimento com espaçamento 0,45 m. Sinop/MT, Brasil (2012/13)..... 53
- Figura 6-** Efeito das densidades de semeadura do capim-piatã dentro da condição de luminosidade a pleno sol, referente a massa seca de plantas de milho (MSM), no experimento com espaçamento 0,90 m. Sinop/MT, Brasil (2012/13)..... 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Esquema da análise de variância (Teste F) para os caracteres agronômicos da cultura do milho, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).....	35
Tabela 2- Esquema da análise de variância (Teste F) para os caracteres referentes a produção de massa seca do capim-piatã, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).....	35
Tabela 3- Teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).....	38
Tabela 4- Desdobramento da interação condições de luminosidade x densidades de semeadura do capim-piatã, referente ao teor de potássio, em folhas da cultura do milho, no experimento com espaçamento 0,90 m ⁽¹⁾ . Sinop/MT, Brasil (2012/13).....	39
Tabela 5- Teores foliares de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).....	41
Tabela 6- Teores foliares de boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn) e Zinco (Zn), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).	42
Tabela 7- Desdobramento da interação condições de luminosidade x densidade de semeadura do capim-piatã, referente ao teor foliar de zinco (mg kg ⁻¹), na cultura do milho, no experimento com espaçamento 0,45 m ⁽¹⁾ . Sinop/MT, Brasil (2012/13).....	43
Tabela 8- Valores para a população inicial (PI) e para a população final de plantas (PF), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).	44
Tabela 9- Valores de altura da planta (AP), altura de inserção da primeira espiga (AIE) e diâmetro de colmo (DC), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).	45

Tabela 10- Valores de prolificidade (PL), comprimento de espiga (CE) e diâmetro de espiga (DE), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).....	46
Tabela 11- Desdobramento da interação condições de luminosidade x densidade de semeadura do capim-piatã, referente ao diâmetro de espigas (cm), na cultura do milho, nos experimentos com espaçamentos(1). Sinop/MT, Brasil (2012/13).....	47
Tabela 12- Valores do número de grãos por espiga (NGE), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (PG), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).....	48
Tabela 13- Desdobramento da interação condições de luminosidade x densidades de semeadura do capim-piatã, referente ao número de grãos por espiga (NGE), na cultura do milho, no experimento com espaçamento 0,45 m ⁽¹⁾ . Sinop/MT, Brasil (2012/13).....	49
Tabela 14- Valores de massa seca de plantas de milho (MSM), massa seca do capim-piatã no pendoamento do milho (MCP) e massa seca do capim-piatã na colheita do milho (MCC), em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).	52
Tabela 15- Desdobramento da interação condições de luminosidade x densidades de semeadura do capim-piatã, referente a massa seca das plantas de milho (kg ha ⁻¹), na cultura do milho, no experimento com espaçamento 0,90 m ⁽¹⁾ . Sinop/MT, Brasil (2012/13).	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (iLPF).....	16
2.2 COMPONENTES DA iLPF	18
2.2.1 Componente arbóreo.....	18
2.2.2 Componente Agrícola.....	20
2.2.3 Componente Forrageiro	21
2.3 CONSÓRCIO MILHO- <i>Urochloa</i> EM SISTEMAS INTEGRADOS	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	26
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	27
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DADOS CLIMÁTICOS.....	27
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	28
3.5 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	29
3.6 AVALIAÇÕES REALIZADAS NOS EXPERIMENTOS	31
3.6.1 Determinação dos teores foliares de nutrientes da cultura do milho	31
3.6.2 Determinação das características agronômicas do milho	31
3.6.3 Determinação da produção de massa seca	33
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO PERÍODO EXPERIMENTAL.....	36
4.2 ANÁLISE NUTRICIONAL DA CULTURA DO MILHO	38
4.3 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO.....	44
4.4 PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE MILHO E DE CAPIM-PIATÃ.....	51
5 CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

A integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) refere-se aos sistemas de produção nos quais se integram, na mesma área, em dimensão espacial e/ou temporal, culturas agrícolas, plantas forrageiras, animais e árvores. Estes sistemas permitem a amortização do custo de implantação da floresta pela comercialização dos grãos produzidos nos primeiros anos após o plantio da floresta e a comercialização de produtos originados da pecuária (leite ou carne) durante a maturação da floresta (OLIVEIRA, 2005). Para atingir tais objetivos, a escolha das espécies que irão compor o sistema é de suma importância, pois as mesmas tem relação direta com a viabilidade da atividade (ANDRADE et al., 2003; BRAVIN; OLIVEIRA, 2014).

Dentre os componentes arbóreos mais utilizados nos sistemas de iLPF, as espécies do gênero *Eucalyptus* destacam-se. No Brasil ocupam cerca de 5,56 milhões de hectares de florestas plantadas, segundo o relatório da Indústria Brasileira de Árvores (2015). É um gênero com grande número de espécies florestais, plasticidade ecológica, potencial para múltiplos usos, características agroflorestais desejáveis, rápido crescimento, considerável produtividade de madeira e silvicultura em elevado estágio tecnológico, além de contar com agentes que capitalizam os sistemas agroflorestais, pois funciona como “poupança-verde” (KRUSCHEWSKY et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2007).

O milho é uma cultura que se destaca em sistemas integrados de produção, pelas inúmeras aplicações na propriedade agrícola, por apresentar bom desempenho em consórcio com forrageiras, além de possibilitar a colheita mecanizada, tanto para silagem quanto para grãos. Entretanto, pode apresentar baixo desempenho nas áreas sob influência direta das copas do eucalipto (VIANA et al., 2010), uma vez que é uma espécie que não tolera sombreamento (REYNOLDS et al., 2007).

A escolha das espécies forrageiras deve se apoiar na sua capacidade produtiva, tolerância ao sombreamento e adaptação às condições edafoclimáticas do local (ANDRADE et al., 2003). Este último aspecto, segundo Andrade et al. (2003) é mais relevante em área de cerrado, com características particulares de solos ácidos, de baixa fertilidade e estação seca bem definida e prolongada. Com relação à tolerância ao sombreamento, espécies como *Urochloa brizantha* (cvs. Marandu, Xaraés e Piatã), *U. decumbens* cv. Basilisk, *Panicum maximum* (cvs. Aruana, Mombaça e Tanzânia) e *Panicum* spp. cv. Massai são consideradas

tolerantes e com produção de forragem satisfatória em sistemas integrados (ALMEIDA et al., 2011).

Na implantação do consórcio milho-*Urochloa*, na integração Lavoura-Pecuária (iLP), vários arranjos de semeadura podem ser adotados, os quais influenciam diretamente no sucesso desse sistema (FREITAS, 2013). Quando a semeadura da forrageira é realizada simultaneamente à do milho e na mesma linha, a interferência da forrageira sobre a cultura agrícola pode reduzir a sua produtividade (GARCIA et al., 2012). Outro fator que pode afetar a cultura agrícola no consórcio é a densidade populacional da espécie forrageira. Dessa maneira, com o aumento da densidade da forrageira, aumenta-se a competição entre as espécies, causando efeito negativo sobre a cultura do milho (SILVA et al., 2015a). Gimenes et al. (2008), relataram que as maiores densidades de forrageira possibilitaram maior exploração do solo em superfície e volume e, conseqüentemente, intensificaram os efeitos competitivos sobre as plantas de milho.

A inclusão do componente arbóreo aos componentes lavoura e pastagem representa um avanço inovador da iLP. Neste contexto, estudos com o estabelecimento do consórcio milho-*Urochloa* nestes ambientes com baixa luminosidade ainda são escassos, principalmente porque o sistema de iLPF é dinâmico e complexo, em virtude das interações entre as culturas, animais e diversas práticas. Desta forma, é de fundamental importância ampliar os estudos científicos com culturas anuais consorciadas com espécies forrageiras e arbóreas (BALBINO et al., 2011a).

Neste sentido, o presente trabalho objetivou verificar em dois experimentos com espaçamento entrelinhas (0,45 e 0,90 m) da cultura do milho, dentro de um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta: 1) os efeitos das condições de luminosidade nas características agrônômicas da cultura do milho; 2) os efeitos das densidades de semeadura do capim-piatã no desenvolvimento da cultura do milho; 3) os efeitos das condições de luminosidade, do consórcio e das densidades de semeadura na produtividade do capim-piatã.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (iLPF)

No Brasil, atualmente, os sistemas de iLPF, que integram atividades agrícolas, pecuárias e florestais são considerados inovadores, embora vários tipos de plantios associados entre culturas anuais e culturas perenes ou entre frutíferas e árvores madeiras sejam conhecidos na Europa desde a antiguidade (BALBINO et al., 2011a). Devido às suas vantagens econômicas, sociais e ambientais, tem despertado o interesse do homem no entendimento das inter-relações entre as atividades do sistema, com o rápido crescimento no número de estudos científicos sobre as técnicas de cultivo (ARAÚJO FILHO, 2010).

Para melhor entendimento do sistema de iLPF, Balbino, Barcellos e Stone (2011b), classificaram-nos em quatro modalidades distintas:

- *agropastoril ou integração Lavoura-Pecuária (iLP)*: sistema de produção que consiste na produção integrada de componentes agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão na mesma área e no mesmo ano agrícola ou por vários anos;
- *silvipastoril ou integração Pecuária-Floresta (iPF)*: sistema de produção que integra os componentes pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio;
- *silviagrícola ou integração Lavoura-Floresta (iLF)*: sistema que integra os componentes florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes); e
- *agrossilvipastoril ou integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)*: sistema de produção que integra os componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área.

Os sistemas apresentados abrangem os sistemas agroflorestais (SAFs), que são classificados em silviagrícola, silvipastoril e agrossilvipastoril (COMBE; BUDOWSKI, 1979; MONTAGNINI, 1992; DANIEL et al., 1999), sendo portanto, a iLPF uma estratégia que apresenta classificação mais abrangente.

Segundo Balbino et al. (2011c), os sistemas de iLPF devem ser planejados adequadamente, levando-se em consideração os aspectos socioeconômicos e ambientais das unidades de produção. Podem ser adotados por qualquer tipo de produtor rural, seja ele pecuarista e/ou agricultor, e pode ser implantado em qualquer estabelecimento agropecuário, independente do tamanho da propriedade. Obviamente que a forma e a intensidade da adoção

do conjunto de tecnologias que compõem a iLPF dependerão, entre outros fatores, dos objetivos e da infraestrutura disponível de cada produtor.

Ainda de acordo com os autores citados acima, no caso do pecuarista, por exemplo, os mesmos podem utilizar os consórcios ou a rotação de culturas graníferas com forrageiras, para a implantação de pastagens ou para sua recuperação, no caso de estarem degradadas. Pode-se também implantar o sistema silvipastoril, visando a exploração de produtos madeireiros e não madeireiros, além dos produtos da pecuária. Por outro lado, o agricultor pode utilizar o consórcio ou a rotação de culturas graníferas com forrageiras, para produzir palhada de boa qualidade e em quantidade para o sistema plantio direto (SPD) da safra seguinte. Por fim, aquele produtor que deseja exercer as atividades integradas pode utilizar a iLPF para implantar um sistema agrícola sustentável, utilizando os princípios da rotação de culturas e do consórcio entre graníferas, forrageiras e espécies arbóreas, de forma a produzir, na mesma propriedade, grãos, carne e/ou leite e produtos madeireiros e não madeireiros ao longo de todo ano.

De um modo geral, o potencial de adoção destes sistemas nos diferentes ecossistemas brasileiros está condicionado a diversos fatores que incluem: disponibilidade de solos favoráveis; infraestrutura para produção e armazenamento da produção; recursos financeiros próprios ou acesso a crédito; domínio da tecnologia para produção de grãos e pecuária; acesso a mercado para compra de insumos e comercialização da produção; acesso a assistência técnica; e possibilidade de arrendamento da terra ou de parceria com produtores tradicionais de grãos (VILELA et al., 2001; KICHEL; MIRANDA, 2002; DIAS-FILHO, 2007).

Dentre os fatores citados acima, talvez o mais limitante para os produtores seja o acesso ao crédito. Desta forma o Governo Federal, como parte do Programa de Agricultura de Baixo Carbono (ABC), estabeleceu metas, comprometendo-se em disponibilizar recursos para a pesquisa e implantação de 4,0 milhões de hectares de sistemas agrossilvipastoris até 2020, com o objetivo principal de melhorar a sustentabilidade da pecuária brasileira (BRASIL, 2010) e permitir que os sistemas integrados se tornem uma realidade no território nacional.

Além disso, nos últimos cinco anos, estão sendo intensificadas as estratégias de implantação de Unidades de Referência Tecnológica (URT) em sistema iLPF, que permitem divulgar resultados de pesquisa aos produtores e à rede de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), a fim de incentivar e ampliar a área plantada com sistemas de integração na Amazônia (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011b). Além das URTs, a criação da EMBRAPA Agrossilvipastoril em 2009, localizada em Sinop/MT, foi um marco para alavancar os sistemas integrados.

Neste contexto, ressalta-se que os sistemas de iLPF, por serem dinâmicos, necessitam de pesquisas científicas e tecnológicas contínuas, quase sempre realizadas por meio de experimentos de longa duração e regionalizados, sem os quais haverá comprometimento da sua sustentabilidade, o que dificultará a sua adoção por produtores rurais. Muitas linhas de pesquisa, transferência de tecnologia e fomento precisam ser fortalecidas, para que haja incremento no aporte de conhecimento e informações na adoção da iLPF, enquanto proposta sustentável (BALBINO et al., 2011a).

2.2 COMPONENTES DA iLPF

Os efeitos sinérgicos entre os componentes incluem a adequação ambiental e a viabilidade econômica da atividade agropecuária. Pode-se utilizar a iLPF para implantar um sistema agrícola sustentável, com base nos princípios da rotação de culturas e do consórcio entre culturas de grãos, forrageiras e espécies arbóreas, para produzir, na mesma área, grãos, carne ou leite, e produtos madeireiros e não madeireiros ao longo de todo ano (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011b).

O sistema é considerado complexo, pois envolve a interação entre os componentes agrícola, arbóreo e forrageiro/animal, podendo essa interação ser positiva ou negativa a depender de vários fatores. Assim, deve-se sempre atentar para que haja sinergismo entre seus componentes (MACEDO; VALE; VENTURIN, 2010a; MACEDO et al., 2010b).

Neste contexto, o mesmo deve ser planejado de forma a garantir que todos os componentes estejam distribuídos de forma harmônica no espaço, visando diminuir a competição dentro do sistema (MACEDO; VALE; VENTURIN, 2010a). Desta maneira, as espécies arbóreas devem ter rápido estabelecimento e copa pouco adensada, e as espécies agrícolas e forrageiras devem apresentar tolerância às condições de cultivo, pois a concorrência por luminosidade, água e nutrientes pode afetar o componente agrícola e resultar em perdas de produtividade (VIEIRA; SCHUMACHER, 2011; VILELA et al., 2011).

2.2.1 Componente arbóreo

A característica fundamental do componente arbóreo, para o uso em iLPF, é a possibilidade de cumprir múltiplas funções dentro do sistema. Portanto, as espécies arbóreas mais utilizadas para a implantação de um sistema de iLPF são geralmente as de valor comercial, como aquelas destinadas à extração de óleo, à produção de frutos, à madeira para

os diversos fins e essências (MOTA, 2010). Obviamente, que além das características citadas, a escolha da espécie é dependente do objetivo da produção, de uma análise de mercado detalhada (riscos e oportunidades), das características da árvore e da interação desta com os outros componentes do sistema (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2009).

Existem diversas espécies arbóreas potenciais para o sistema de iLPF (OLIVEIRA-NETO et al., 2010). As espécies do gênero *Eucalyptus*, nestes sistemas, destacam-se, pois possuem copas estreitas que permitem a penetração de uma quantidade razoável de luz direta e difusa, facilitando o crescimento de plantas, são de rápido crescimento nas regiões tropicais e permitem a obtenção de madeira em rotações curtas (DANIEL; BITTENCOURT; GELAIN, 2004), que pode ser utilizada para serraria, celulose, carvão e diversos outros usos em indústrias e propriedades rurais (SILVA, 1999).

É uma planta originária da Austrália, onde existem mais de 600 espécies. A diversidade de espécies favorece o mercado pela variedade de uso que essa se insere. As espécies mais utilizadas são: *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. torilliana*, para lenha e carvão, pois rendem grande quantidade de lenha em curto prazo. *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla* são utilizadas para papel e celulose, pois apresentam cerne branco e macio. *Corymbia citriodora*, *E. robusta*, *E. globulus* são espécies com cerne duro e resistem mais ao tempo; são ideais para moirões e postes. *E. dunnii*, *E. viminalis*, *E. grandis* são espécies de madeira firme, pouco propensas a rachaduras, utilizadas na fabricação de móveis (AMBIENTE BRASIL, 2009).

As árvores também beneficiam os animais com a melhoria na qualidade da forragem produzida e da sombra proporcionada, que reduz a insolação e a temperatura ambiente, com reflexos positivos no desempenho produtivo e reprodutivo do rebanho (MOTA, 2010). Segundo Baumer (1991), em sistemas onde os animais ficam protegidos do calor, eles pastejam por períodos mais longos e requerem 20% menos água para beber, apresentando melhor eficiência de conversão de forragem, refletindo em maior desenvolvimento ponderal e produção de lã e de leite, puberdade mais precoce, maior taxa de concepção, maior regularidade do período fértil e maior vida reprodutiva.

De acordo com Pires et al. (2007), nas horas mais quentes do dia, os animais preferem fazer o pastejo sob as árvores, aumentando o desempenho produtivo, fato este observado por Kucseva et al. (2004), cujos animais sob condições de sombra, ganharam mais peso. A sombra das árvores, também proporciona efeitos positivos para o gado leiteiro. Pereira et al. (2008), observaram aumento na produção de leite das vacas à sombra, quando comparadas às vacas submetidas a um sistema de pleno sol, isso devido a sombra diminuir o

estresse calórico dos animais. Buffington e Collier (1983) observaram aumento de até 10% na produção de leite, no verão, em vacas que tiveram acesso à sombra.

2.2.2 Componente Agrícola

A lavoura dentro do sistema de iLPF desempenha um importante papel, pois é o componente com maior exigência quanto ao manejo. Sua principal contribuição é o rápido retorno financeiro e o incremento das qualidades químicas do solo (SILVA et al., 2010).

As culturas agrícolas anuais com ou sem forrageiras em consórcio, contribuem na amortização dos custos com a implantação do sistema, antes da entrada dos animais em pastejo, bem como, o efeito residual da adubação das lavouras beneficia o componente florestal e o forrageiro (ALMEIDA, 2010; AZEVEDO et al., 2010; FREITAS et al., 2010).

Alguns aspectos podem ser levados em consideração na escolha da cultura agrícola que irá compor o sistema, como exemplos, a sua importância para a economia regional, a tradição de cultivo, a sua adaptação à região de cultivo, a disponibilidade de sementes no mercado e o seu custo (CASTRO; PACIULLO, 2006).

As principais culturas utilizadas na implantação destes sistemas são arroz, feijão, girassol, milheto, soja, sorgo e milho, além de culturas de cobertura (ALMEIDA, 2010; MOTA, 2010).

A cultura do milho (*Zea mays*), pelas variadas formas de uso na propriedade rural, quer seja ela na alimentação humana ou na alimentação animal como silagem ou grão, ou ainda como fonte de renda para amortização de custos do sistema, constitui em um dos cereais com maior aplicabilidade dentro de um sistema de integração entre lavoura, pecuária e floresta.

No Brasil, o milho destaca-se pela grande quantidade produzida. Na safra 2015/16, o Brasil produziu aproximadamente 67,0 milhões de toneladas (primeira e segunda safra), em uma área cultivada de 15,9 milhões de hectares, obtendo assim, uma produtividade média anual de grãos em torno de 4.207 kg ha⁻¹. Considerando a produção total nacional, o Estado de Mato Grosso merece destaque, pois liderou o ranking nacional com 15,3 milhões de toneladas produzidas (22,8%), seguido do Paraná com 14,5 milhões de toneladas (21,6%) (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016).

Considerando a importância econômica da cultura para o Brasil, o milho é interessante para a formação de sistemas consorciados com florestas, devido à sua

simplicidade de condução e ao seu melhor comportamento diante de diversidades climáticas (MACEDO et al., 2006).

Na literatura é possível constatar que o milho, quando cultivado nas entrelinhas de eucalipto, pode produzir mais grãos que o milho em monocultivo. MONIZ (1987), constatou que o consórcio de eucalipto (3 x 2 m) com uma fileira de milho proporcionou maior produção de grãos por planta, chegando a superar o monocultivo do milho. Além disso, o autor relatou que o cultivo do milho em associação inicial com o eucalipto foi uma prática interessante, pois o seu cultivo não influenciou na sobrevivência da espécie florestal e ainda promoveu a redução de 50,8% no custo da implantação da espécie florestal.

Desta mesma forma, Silva et al. (2015b), que trabalharam com o milho consorciado com *U. ruziziensis* em três sistemas de cultivo (sistema iLPF - consorciado com *U. ruziziensis* e intercalado com mogno africano; sistema Santa Fé - cultivo integrado com *U. ruziziensis*; e como controle um cultivo em sistema Convencional) observaram que a produtividade de grãos de milho aumentou nos sistemas Santa Fé e no sistema de iLPF com mogno africano, quando comparados com o sistema convencional de cultivo.

Estes resultados são discordante dos obtidos por Macedo et al. (2006), que trabalharam na região de Paracatu/MG, com o consórcio de milho com clones de eucalipto de 2 anos de idade, em dois locais de avaliação dentro do entre renque (1,8 e 2,7 m; e 4,5 e 5,4 m) e verificaram diminuição da produtividade de grãos dos consórcios de milho com eucalipto nos dois locais de avaliação, quando comparados com o monocultivo de milho.

Portanto, o milho e o eucalipto, em virtude de suas potencialidades econômicas e da magnitude das áreas plantadas anualmente, constituem duas culturas importantes para o país. Desta forma, o cultivo simultâneo dessas duas espécies na mesma área deverá ser encarado como uma hipótese de estudo, sobretudo, em regiões de grande potencial agroflorestal, como é o caso do cerrado (MACEDO et al., 2006).

2.2.3 Componente Forrageiro

As alterações na radiação luminosa impostas pelas copas das árvores selecionam as espécies de gramíneas capazes de se desenvolver nesses sistemas (MACEDO; VALE; VENTURIN, 2010a). Logo, a escolha das forrageiras para o uso em sistemas de iLPF deve se pautar, primeiramente, na sua tolerância ao sombreamento (GARCIA; BERNARDINO; GARCEZ NETO, 2005; GARCIA; TONUCCI; GOBBI, 2010), tendo em vista que nesta condição, as forrageiras irão priorizar o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema

radicular e retardar o início do florescimento. No entanto, quando são sombreadas, as gramíneas forrageiras tendem a apresentar melhor valor nutritivo, com maior teor de proteína bruta e digestibilidade da matéria seca (ALMEIDA et al., 2011).

Além da tolerância ao sombreamento, a forrageira deve possuir boa capacidade produtiva, adaptação às condições edafoclimáticas e de manejo, resistência às pragas e doenças e valor nutritivo (ANDRADE et al., 2004). Neste intuito, os autores citados, estudaram o desempenho de plantas forrageiras submetidas a níveis de sombreamento artificial (0, 30, 50 e 70%) e verificaram que, com até 50% de sombreamento as gramíneas mais produtivas, capim-marandu (*U. brizantha*) e capim-massai (*P. maximum*), apresentaram redução de produtividade de apenas 13 e 17%, respectivamente. Entretanto, reduções acentuadas de produtividade ocorreram com sombreamento de 70%.

Carvalho et al., (1997), que trabalharam com seis gramíneas (*U. brizantha* cv. Marandu, *U. decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, *P. maximum* cv. Vencedor e *Setaria sphacelata* cv. Kazungula) submetidas a dois níveis de sombreamento (sem sombra, com sombra de árvores) também observaram redução da produção de massa de forragem com o sombreamento provocado por árvores, embora, a capim-marandu e o *P. maximum* cv. Vencedor não diferiram da condição sem sombra.

Desta mesma forma, Paciullo et al. (2007), que estudaram a morfofisiologia e o valor nutritivo da *U. decumbens* submetidas a condições de sombreamento, em dois anos de avaliação, observaram que o sombreamento intenso (65%) provocado pelas árvores reduziu os valores de massa seca de forragem, densidade de perfilhos e índice de área foliar da forrageira, em cultivo solteiro, enquanto o sombreamento moderado (35%) não modificou essas variáveis, em relação ao pleno sol.

Em experimento realizado na mesma área experimental do presente trabalho, no ano de 2013/14, Crestani (2015), que trabalhou com o capim-piatã, em cultivo solteiro, em três regimes de sombra (0, 18 e 55% de sombreamento) e observou que o sombreamento provocado pelas árvores reduziu a massa seca de forragem pré pastejo em 36 e 71%, respectivamente, para os regimes de sombra de 18 e 55% de sombreamento, quando comparados ao regime de sol.

Todavia, na maioria dos estudos com gramíneas tropicais, existem relatos sobre a redução na produção de forragem sob sombreamento intenso, em razão da acentuada diminuição das taxas fotossintéticas das gramíneas de ciclo C₄ (DEINUM et al., 1996; ANDRADE et al., 2004).

Desta maneira, o uso de pastagens melhoradas, que se faz possível neste sistema, permite aumentar a eficácia da produção animal, além de atuar na recuperação das propriedades físico-químicas e biológicas do solo (AZEVEDO et al., 2010). Assim, no planejamento de sistemas de iLPF pode-se indicar plantas adequadas que se adaptem ao manejo das pastagens consorciadas com árvores.

2.3 CONSÓRCIO MILHO-*Urochloa* EM SISTEMAS INTEGRADOS

A agricultura e a pecuária no Brasil, historicamente, têm suas atividades produtivas executadas separadamente, ou seja, em sistemas de monocultivos. Esta prática, ao longo dos anos, contribuiu para acelerar o processo de degradação das áreas de pastagens e de lavouras (VICTÓRIA FILHO, 2003).

No intuito de reverter este cenário, na década de 1980 iniciaram-se os estudos sobre a interação entre agricultura e pecuária, com base em experiências de produtores rurais que já usavam a iLP, culminando com o lançamento do Sistema Barreirão, em 1991. Este sistema, composto por um conjunto de tecnologias e práticas de recuperação de pastagens em degradação, embasadas no consórcio arroz-pastagem, previa reduzir os riscos da cultura do arroz e deixar resíduos de adubo para o pasto consorciado e formado após a colheita da cultura grânifera (OLIVEIRA et al., 1996).

No final dos anos 1990 surgiram várias propostas para produção de grãos, as quais envolviam o uso de sistemas de iLP com rotação lavoura-pastagem e, em 2001, foi lançado o Sistema Santa Fé (KLUTHCOUSKI et al., 2013). Este sistema se fundamenta na produção consorciada de culturas de grãos, especialmente o milho, sorgo, milheto e a soja, com forrageiras tropicais, principalmente do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*), em áreas de lavoura com solo parcial ou totalmente corrigido; tem como objetivo produzir forragem para a entressafra, palha em quantidade e qualidade para o SPD (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

De acordo com Alvarenga et al. (2006), o Sistema Santa Fé é vantajoso, pois não altera o cronograma de atividades do produtor e não exige equipamentos especiais para sua implantação. Com ele é possível aumentar a produtividade da cultura do milho e das pastagens e, com isso, baixar os custos de produção, tornando a propriedade agrícola mais competitiva e sustentável. Além disso, esse sistema está viabilizando o SPD em várias regiões, devido à produção de palhada em quantidade adequada. Somam-se a isso, benefícios

agregados à palhada de braquiária no que diz respeito ao seu efeito supressor de plantas daninhas e de fungos de solo.

A escolha da espécie forrageira a ser implantada no consórcio é decisiva para a obtenção de boas produtividades, tanto de grãos quanto de acúmulo de massa seca da forragem (BARDUCCI et al., 2009). Assim, as espécies forrageiras do gênero *Urochloa* são mais aptas ao cultivo integrado. Isso porque, desde que manejadas adequadamente, não interferem ou tem pouca influência na produtividade do milho, apresentam boa capacidade de recuperação e formação de pastagem, e contribuem para a redução dos custos com a alimentação animal durante o período de estiagem (SILVA et al., 2008; TRACY; ZHANG, 2008). Além disso, destacam-se por apresentar excelente adaptação aos solos com restrições de fertilidade, fácil estabelecimento e considerável produção de biomassa durante o ano, proporcionando excelente cobertura vegetal. Pela sua agressividade e resistência é também considerada importante competidora com espécies de plantas daninhas das culturas anuais (OLIVEIRA, 2001).

Diante do exposto, na adoção do sistema de iLP, é preciso estar atento à intensidade dos efeitos da competição interespecífica das forrageiras no estado nutricional da cultura do milho, bem como na produtividade de grãos. Tais interferências dependem das condições climáticas, da fertilidade do solo, da densidade de plantas de *Urochloa*, dos cultivares utilizados e do manejo empregado (ZIMMER et al., 1999; JAKELAITIS et al., 2005; SILVA; BENEZ, 2005) e podem inviabilizar o cultivo consorciado (JAKELAITIS et al., 2004). À exceção do clima, os outros fatores podem ser manipulados com relativa facilidade, sobretudo com o desenvolvimento de técnicas de agricultura de precisão e disponibilização de herbicidas seletivos, tendo tornado-se passíveis de receber manejo diferenciado e localizado, conforme as características das áreas de cultivo (RESENDE et al., 2008).

Segundo Pariz et al. (2011), o conhecimento do comportamento destas espécies em competição por fatores de produção torna-se de grande importância para o êxito na formação da pastagem e produtividade satisfatória da cultura de grãos.

No que se diz respeito à densidades de semeadura da forrageira no consórcio com o milho, segundo indicações de Kluthcouski e Aidar (2003), o estabelecimento de 4 à 6 plantas m^{-2} da forrageira, em geral, não compromete a produção de grãos da cultura do milho. Maiores densidades de *Urochloa*, segundo Gimenes et al. (2008) influenciaram diretamente a produção de grãos do milho entre outras características avaliadas.

Na consorciação, a semeadura da *Urochloa* pode ser realizada em diferentes épocas, inclusive simultaneamente com a cultura do milho, sendo que a época e a disposição das

sementes de *Urochloa* podem influenciar na produção de palha e até mesmo a produção de grãos do milho (PANTANO, 2003). Nesse trabalho, o mesmo autor, que trabalhou com dois espaçamentos da cultura do milho (0,45 e 0,90 m), em diferentes modalidades de semeadura do capim-marandu (testemunha – sem consorciação; capim-marandu na linha do milho semeado junto com o adubo de semeadura; capim-marandu a lanço simultâneo à semeadura do milho; capim-marandu na entrelinha do milho semeado junto com o adubo de cobertura; e capim-marandu a lanço semeado no momento de cobertura do milho) verificou que no espaçamento 0,45 m não houve diferenças entre os tratamentos para a produtividade de grãos. E, entretanto, para o espaçamento 0,90 m, as maiores produtividades foram observadas nos tratamentos em que o capim-marandu foi semeado a lanço simultâneo ao milho e a lanço no momento da adubação de cobertura do milho, não diferindo da testemunha.

Todavia, muitos dos efeitos de competição dentro do consórcio milho- *Urochloa*, na iLP, já estão bem descritos e apresentam manejo adequado. Entretanto, poucos são os estudos que retratam os efeitos de competição entre as culturas envolvidas no consórcio na iLPF. Neste sentido, um dos fatores mais importante no sinergismo entre os componentes do consórcio é a influência da sombra das árvores no crescimento do milho e da pastagem, pois as árvores interceptam parte da radiação incidente, restringindo a luminosidade no sub-bosque, afetando tanto o crescimento da cultura do milho como da forragem (DOMINGUES, 2015).

Para a minimização dos efeitos de sombreamento e para o auxílio no manejo do sistema, Porfírio-Da-Silva (2007) recomenda que se faça a adequada distribuição espacial das árvores no terreno, para maior conservação do solo e da água, favorecimento do trânsito de máquinas e observância de aspectos comportamentais dos animais. Para tanto, o arranjo espacial mais simples e eficaz é o de aleias (ou renques), em que as árvores são plantadas em faixas (linhas simples ou múltiplas) com espaçamentos amplos.

Desta forma, além do adequado arranjo das árvores na área, as espécies escolhidas devem ser bem adaptadas ao ecossistema da região onde será implantado o sistema. Também devem ser bem sucedidas quando inseridas em conjunto com o componente arbóreo, apresentando boa adaptação aos níveis de luz encontrados abaixo do extrato arbóreo, como também ao solo (pH, fertilidade, textura, drenagem) e ao manejo (VIANA et al., 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram conduzidos durante o ano agrícola 2012/13, no Campo Experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, localizada no município de Sinop, Estado de Mato Grosso, situada à 11°51'43" de latitude Sul, 55°35'27" de longitude Oeste e 384 m de altitude.

A área experimental inicialmente era ocupada por Floresta Ombrófila, foi aberta (desmatada) no ano de 2002 e destinada à agricultura, com o cultivo inicial do arroz. Nos anos agrícolas de 2003/04 e 2004/05 cultivou-se a soja (safra) e o milho (safrinha). Em seguida, de 2005/06 até 2007/08 cultivou-se a soja na safra e o algodão na safrinha. Após o cultivo do algodão a área permaneceu em pousio até maio de 2010. A partir de então, deu-se início ao macro projeto ou sistema integrado de produção de leite, com a subsolagem, correção da acidez e adubação da área. Em janeiro de 2011 realizou-se o plantio do eucalipto (*E. grandis* x *E. urophylla* - clone H13) em fileiras, no sentido cardinal leste-oeste.

O macro projeto possui uma área total de 50 hectares. Destes, 10 hectares são destinados às instalações zootécnicas (ordenha, curral, galpões de armazenamento de alimentos e equipamentos, piquetes de cria e recria, entre outras atividades) e os 40 hectares restantes são divididos em quatro quadrantes, os quais foram divididos em três condições de luminosidade (Figura 1): *ausência total de árvores* (pleno sol); *linhas duplas de árvores* (2 x 3 m, sendo 2 m entre plantas e 3 m entre fileiras) localizadas nas duas bordas laterais, com vão livre de cultivo igual à 48 m (sombreado nas laterais), aproximadamente 185 árvores ha⁻¹; *linhas triplas de árvores* (2 x 3 m), com vão livre de cultivo igual à 12 m (sombreado), aproximadamente 715 árvores ha⁻¹. Os quadrantes foram dispostos de forma que, em todos os anos fossem mantidos 10 ha de lavoura de primeiro ano [milho consorciado com *U. ruziziensis*, para ensilagem na safra e feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) na safrinha]; 10 ha de lavoura de segundo ano [milho consorciado com capim-piatã (*U. brizantha* cv. BRS Piatã) na safra e permanência do capim-piatã na safrinha]; 10 ha de pastagem de capim-piatã de primeiro ano; e 10 ha de pastagem de capim-piatã de segundo ano, realizando assim, rotações de dois anos entre lavoura e pastagem, visando atender a demanda de alimentos dos animais ali contidos.

Figura 1- Foto aérea da área experimental com representação dos quatro quadrantes contendo os arranjos de árvores que caracterizaram as condições de luminosidade. Sinop/MT, Brasil (2012/13).



Fonte: Menezes (2014).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

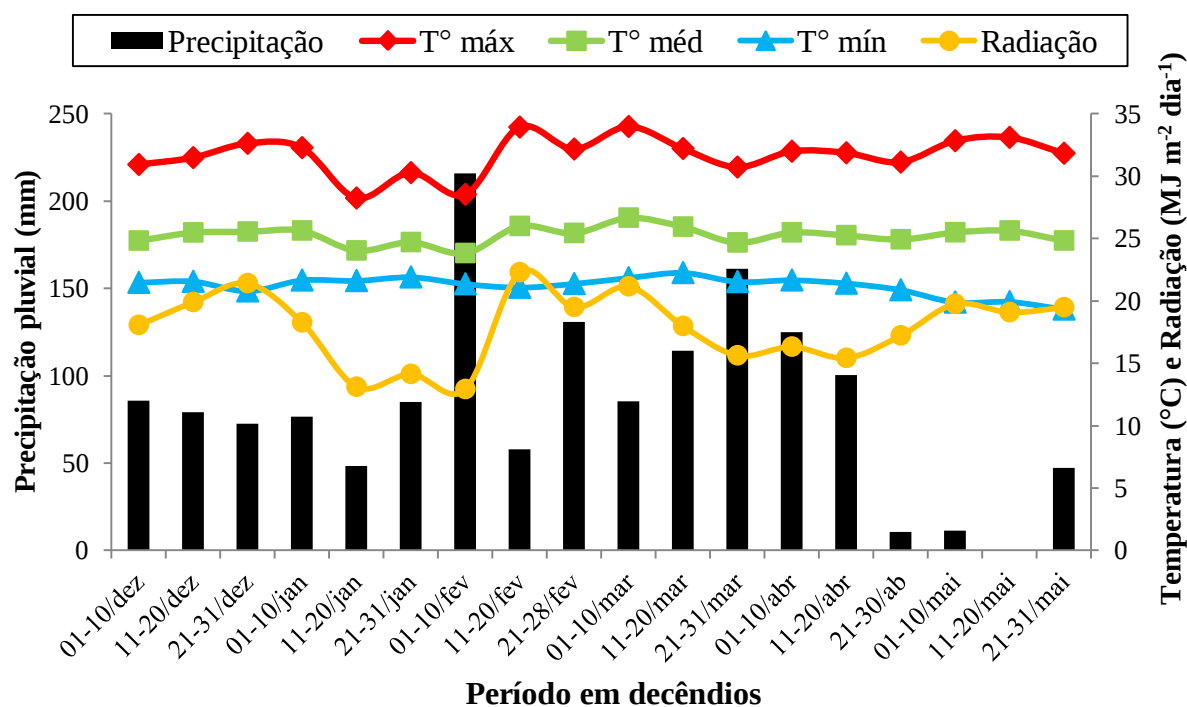
O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006). Após correção e adubação realizadas junto à implantação do sistema, os atributos químicos encontrados na camada de 0-0,20 m do solo foram: pH em água = 5,8; $P_{(Mehlich)} = 14,3 \text{ mg dm}^{-3}$; $K^+_{(Mehlich)} = 71,5 \text{ mg dm}^{-3}$; $Ca^{2+} = 2,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg^{2+} = 0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Al^{3+} = 0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $MO = 29,5 \text{ g dm}^{-3}$, $SB = 3,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $V = 51\%$. O solo foi classificado como argiloso, apresentando 594 g kg^{-1} de argila, 283 g kg^{-1} de areia e 123 g kg^{-1} de silte, em relevo plano.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DADOS CLIMÁTICOS

O clima da região é classificado como Aw (Tropical), segundo a classificação de Alvares et al. (2013), com temperatura média entre 24 e 26°C e precipitação média anual de 1.815 mm, com concentração de chuvas no verão e inverno seco. Na Figura 2 encontram-se

os dados climáticos em decêndios referentes às temperaturas máxima, média, mínima, precipitação pluvial e radiação solar global durante o período de realização do experimento.

Figura 2- Temperatura (°C) máxima (T° máx), média (T° méd) e mínima (T° mín); radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹); e precipitação pluviométrica (mm), ao longo da condução do experimento. Sinop/MT, Brasil (2012/13).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Fonte dos dados: Estação Meteorológica Automática da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop.

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

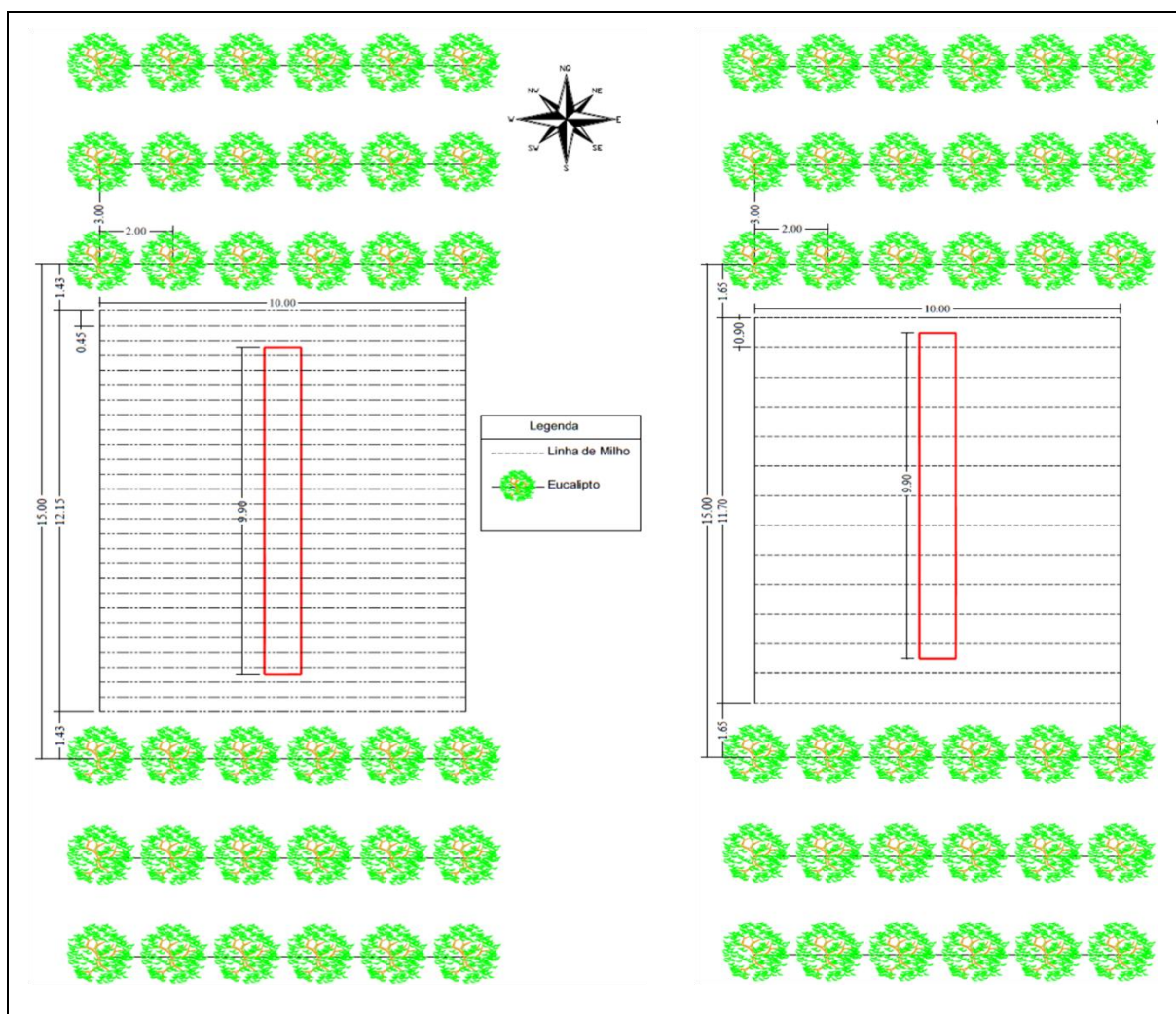
Foram conduzidos dois experimentos, sendo que um foi instalado no espaçamento entrelinhas da cultura do milho de 0,45 m e o outro no espaçamento entrelinhas da cultura do milho de 0,90 m. Foram estabelecidos em cada experimento oito tratamentos com quatro repetições.

O delineamento experimental utilizado nos experimentos foi o de blocos ao acaso, em arranjo de parcelas subdivididas, com as condições de luminosidade (pleno sol e sombreado) nas parcelas e as densidades de semeadura do capim-piatã (0, 2, 4 e 6 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis) nas subparcelas.

As subparcelas foram constituídas por 28 e 14 linhas de milho de 10,0 m de comprimento, respectivamente, para o experimento com espaçamento 0,45 e 0,90 m (Figura

3), perfazendo uma área total de $126,0 \text{ m}^2$ ($12,6 \times 10,0 \text{ m}$). A área útil de avaliação correspondeu a 22 e 11 linhas de milho de $1,0 \text{ m}$ de comprimento do centro da subparcela, respectivamente, para o espaçamento $0,45$ e $0,90 \text{ m}$, perfazendo uma área total de $9,9 \text{ m}^2$ ($9,9 \times 1,0 \text{ m}$). O tamanho das subparcelas experimentais e a área útil de avaliação foram idênticas, em ambas as condições de luminosidade.

Figura 3- Esquema da subparcela experimental para a condição de luminosidade sombreada, na densidade de semeadura de 0 kg ha^{-1} , nos experimentos com espaçamento entrelinhas da cultura do milho de $0,45$ e $0,90 \text{ m}$. Sinop/MT, Brasil (2012/13).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.5 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Os experimentos foram instalados na condição de lavoura de segundo ano e foram desenvolvidos dentro das condições de luminosidade relativas ao pleno sol e ao sombreado. A

semeadura das culturas agrícolas ocorreu 23 meses após o transplântio das mudas de eucalipto a campo, momento este, em que as árvores se encontravam com média de altura de 12 m e média de diâmetro a altura do peito de 0,11 m.

Um mês antes da semeadura das culturas agrícolas realizou-se a dessecação das plantas daninhas presentes na área, com a utilização do herbicida glifosato, na dose de 1.590 g ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.).

A cultura do milho (híbrido simples - 8K90007HX), em ambos os experimentos, foi semeada no dia 17 de dezembro de 2012, com auxílio de uma semeadora-adubadora para semeadura direta, equipada com disco de corte frontal e discos para a distribuição de adubo. Para o experimento com espaçamento de 0,45 m, regulou-se a semeadora para distribuir 2,7 sementes por metro e para o experimento com espaçamento de 0,90 m, regulou-se a semeadora para distribuir 5,4 sementes por metro. Em ambos os experimentos visou-se distribuir 60.000 sementes por hectare. Como tratamento de sementes na cultura do milho, foi feita a aplicação de 150 g L⁻¹ i. a. de imidacloprido + 450 g L⁻¹ i.a. de tiodicarbe.

O capim-piatã foi semeado simultaneamente a cultura do milho, de forma manual, sobre cada linha de semeadura do milho, quando utilizado o espaçamento 0,45 m; e sobre a linha e a entrelinha da cultura do milho quando utilizado o espaçamento 0,90 m. Após a deposição das sementes do capim-piatã sobre as linhas de semeadura do milho, realizou-se a incorporação de uma pequena camada de solo sobre as sementes do capim com auxílio de um rastelo. Para as densidades de semeadura do capim, as sementes foram pesadas em balança de precisão considerando a pureza e viabilidade.

As adubações de semeadura e de cobertura nos experimentos basearam-se nos resultados da análise química do solo e nas recomendações de Sousa e Lobato (2004), para o milho safra. Na adubação de semeadura do milho utilizou-se 400 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 04-30-16 + Zn⁺, enquanto na adubação de cobertura aplicou-se 500 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 20-00-20, em dose única, quando a cultura do milho atingiu o estágio fenológico de seis folhas desenvolvidas (V6), aproximadamente 23 dias após a emergência (DAE).

O controle das plantas daninhas dicotiledôneas em pós-emergência foi realizado aos 16 DAE, com o herbicida atrazine na dose de 1.000 g ha⁻¹ do i.a.. A aplicação foi realizada mediante o uso de um pulverizador de barras tratorizado, ajustado ao sistema, equipado com bicos leques e regulado para aplicar 200 L ha⁻¹ de calda.

A colheita do milho foi realizada aos 148 DAE, de forma manual, coletando-se todas as espigas presentes na área útil das subparcelas. Após a colheita as espigas foram levadas para um galpão onde se realizou as avaliações de pós-colheita.

3.6 AVALIAÇÕES REALIZADAS NOS EXPERIMENTOS

Durante o período de desenvolvimento e colheita das culturas envolvidas no consórcio, em ambos os experimentos com espaçamentos entrelinha da cultura do milho, foram mensurados os teores foliares de nutrientes da cultura do milho, as características agronômicas do milho e a produção de massa seca do milho e da parte aérea do capim-piatã.

3.6.1 Determinação dos teores foliares de nutrientes da cultura do milho

A amostragem das folhas para a determinação dos teores de nutrientes, na condição de luminosidade referente ao pleno sol, foi realizada aos 50 DAE do milho. Por outro lado, na condição de luminosidade sombreada, realizou-se a amostragem das folhas aos 55 DAE do milho. O momento de amostragem do material se deu quando mais de 50% das plantas encontravam-se pendoadas e com presença de estilo-estigma (cabelo). Coletou-se a folha oposta e abaixo da espiga superior, em dez plantas por subparcela utilizando-se o terço médio das folhas para análise (MALAVOLTA et al., 1997). As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar à 60°C até atingirem massa constante. Posteriormente foram moídas (<1,0 mm) em moinho tipo Willey e submetidas à análise nutricional.

Os materiais coletados, depois de secos e moídos foram levados ao laboratório de análises de solos e plantas. No material moído foram determinados os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) segundo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

3.6.2 Determinação das características agronômicas do milho

✓ **População inicial (PI)**

A população inicial de plantas foi determinada aos 10 DAE e obtida mediante a contagem de todas as plantas contidas na área útil de cada subparcela. Os valores encontrados foram transformados para número de plantas por hectare.

✓ **População final (PF)**

A população final de plantas foi realizada um dia antes da colheita do milho e obtida mediante a contagem de todas as plantas contidas na área útil de cada subparcela. Os valores encontrados foram transformados para número de plantas por hectare.

✓ **Altura da planta (AP)**

A altura da planta foi realizada um dia antes da colheita do milho, por meio de medições com régua de madeira graduada em centímetros. Para determinar a altura de planta adotou-se a distância da superfície do solo até a inserção (lígula) da folha bandeira, em 10 plantas da área útil de cada subparcela.

✓ **Altura de inserção da primeira espiga (AIE)**

A altura de inserção da primeira espiga foi obtida pela distância da superfície do solo até a inserção da espiga superior, por meio de medições com régua de madeira graduada em centímetros. Foram consideradas as mesmas 10 plantas utilizadas para a determinação da altura de planta.

✓ **Diâmetro de colmo (DC)**

O diâmetro de colmo foi determinado por meio de medições realizadas com auxílio de um paquímetro graduado em milímetros. Considerou-se o diâmetro do primeiro entrenó (0,05 m) acima da superfície do solo de cada planta. A avaliação foi realizada simultaneamente as determinações de altura de planta e de inserção da primeira espiga, considerando as mesmas 10 plantas utilizadas para tais variáveis.

✓ **Prolificidade (PL)**

A prolificidade foi determinada pela contagem do número de espigas colhidas na área útil da subparcela, sendo que o número obtido foi dividido pelo número de plantas, obtendo-se assim, o número médio de espiga por planta. Foram consideradas apenas espigas que apresentavam grãos formados.

✓ **Comprimento de espiga (CE)**

O comprimento médio de espiga foi determinado medindo-se da base até o ápice da espiga. Para as análises, amostrou-se aleatoriamente 10 espigas despalhadas de cada subparcela, logo após fez-se as medições com régua graduada.

✓ **Diâmetro de espiga (DE)**

O diâmetro médio de espiga foi determinado medindo-se com paquímetro, o ponto correspondente ao centro da espiga. Para as análises, amostrou-se aleatoriamente 10 espigas

despalhadas de cada subparcela, sendo estas as mesmas utilizadas na determinação do comprimento de espigas.

✓ **Número de grãos por espiga (NGE)**

Para a determinação do número de grãos por espiga realizou-se a contagem de todos os grãos contidos em 10 espigas. Utilizou-se as mesmas 10 espigas utilizadas nas variáveis comprimento e diâmetro de espigas.

✓ **Massa de cem grãos (M100)**

Após a debulha das espigas colhidas na área útil de cada subparcela, determinou-se a massa de cem grãos. Aleatoriamente, realizaram-se quatro amostragens por subparcela de 100 grãos, e em seguida suas massas foram submetidas à pesagem em balança de precisão (0,01 g) e à determinação do teor de água, possibilitando estimar a massa dos grãos corrigida para 130 g kg⁻¹ (b.u.). Após correção da umidade, fez-se a média das quatro amostragens.

✓ **Produtividade de grãos (PG)**

A produtividade de grãos foi obtida após a debulha de todas as espigas da área útil de cada subparcela. Após pesagem dos grãos retirou-se uma amostra para determinação do teor de água, possibilitando estimar a massa dos grãos corrigida para 130 g kg⁻¹ (b.u.). Após a correção da umidade da massa de grãos, a produtividade de grãos foi transformada para quilogramas por hectare.

3.6.3 Determinação da produção de massa seca

✓ **Produção de massa seca do milho (MSM)**

A colheita de material para determinação da produção de massa seca do milho foi realizada no momento da ensilagem do milho, no estágio fenológico caracterizado como grão farináceo. A produção de massa seca foi obtida por meio da coleta de três amostras (localizadas à 4,5 m, a 7,5 m e 10,5 m de um dos renques de eucalipto) de 0,9 m² (1- plantas contidas em duas fileiras por 1,0 m de comprimento - para o espaçamento da cultura do milho igual a 0,45 m; 2- plantas contidas na fileira por 1,0 m de comprimento – para o espaçamento da cultura do milho igual a 0,90 m), no nível do solo, na área útil de cada subparcela. As amostras foram pesadas, e em seguida retirou-se aleatoriamente uma planta, pesou-se a mesma e levou-a para secagem em estufa com ar forçado a 65°C, por 72 horas, até massa

constante. Após secagem determinou-se a massa, fez-se a média das três amostras, e extrapolou os dados de produção de massa seca de milho para quilogramas por hectare.

✓ **Produção de massa seca da parte aérea do capim-piatã**

A colheita de material para determinação da massa seca do capim no momento do pendoamento (MCP) e da massa seca do capim no momento da colheita do milho (MCC), respectivamente, foi realizada aos 50 e 146 DAE do milho. A produção de massa seca foi obtida por meio da coleta de três amostras (localizadas à 4,5 m, a 7,5 m e 10,5 m de um dos renques de eucalipto) de 0,9 m² (1- material produzido em duas linhas da cultura do milho - para o espaçamento da cultura do milho igual a 0,45 m, com 1,0 m de comprimento; 2- material produzido na linha e na entrelinha da cultura – para o espaçamento da cultura do milho igual a 0,90 m, com 1,0 m de comprimento), no nível do solo, na área útil de cada subparcela. Em seguida, as amostras foram levadas para secagem em estufa com ar forçado a 65°C, por 72 horas, até massa constante. Após secagem determinou-se a massa, fez-se a média das três amostras, e extrapolou-se os dados de produção de massa seca para quilogramas por hectare.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro Wilk) realizando-se em seguida a análise de variância com aplicação do Teste F ($P < 0,05$). As médias dos tratamentos com as condições de luminosidade foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Já, para os tratamentos com as densidades de semeadura do capim-piatã utilizou-se a análise de regressão polinomial, onde os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão. Para a execução das análises estatísticas utilizou-se o software SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

O esquema da análise de variância utilizado, mostrando as fontes de variação e os graus de liberdade estão contidos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Esquema da análise de variância (Teste F) para os caracteres agrônômicos da cultura do milho, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

Fontes da Variação	GL teórico	GL real	QM	Valor F
Blocos (B)	$b - 1$	3	QM1	QM1/QM3
Condições de Luminosidade (CL)	$cl - 1$	1	QM2	QM2/QM3
Erro a = Bloco x CL ⁽¹⁾	$cl(b - 1)$	3	QM3	—
Densidade de Semeadura (DS)	$ds - 1$	3	QM4	QM4/QM6
DS x CL	$(cl - 1) \times (ds - 1)$	3	QM5	QM5/QM6
Erro b ⁽²⁾	$cl(ds - 1) \times (b - 1)$	18	QM6	—
Total	Cldsb - 1	31	—	—

⁽¹⁾Erro a (resíduo); ⁽²⁾Erro b (resíduo); GL - graus de liberdade; QM – quadrado médio.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ressalta-se, que para a análise referente à produção de massa seca do capim-piatã utilizou-se a comparação dos dados pelo teste de médias (Tukey) e não pela regressão polinomial. A opção por este tipo de análise deve-se a pequena quantidade de níveis do fator densidade de semeadura, bem como a não utilização da densidade de 0 kg ha⁻¹. Neste sentido, segue abaixo o esquema da análise de variância destes dados.

Tabela 2- Esquema da análise de variância (Teste F) para os caracteres referentes a produção de massa seca do capim-piatã, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

Fontes da Variação	GL teórico	GL real	QM	Valor F
Blocos (B)	$b - 1$	3	QM1	QM1/QM3
Condições de Luminosidade (CL)	$cl - 1$	1	QM2	QM2/QM3
Erro a = Bloco x CL ⁽¹⁾	$cl(b - 1)$	3	QM3	—
Densidade de Semeadura (DS)	$ds - 1$	2	QM4	QM4/QM6
DS x CL	$(cl - 1) \times (ds - 1)$	2	QM5	QM5/QM6
Erro b ⁽²⁾	$cl(ds - 1) \times (b - 1)$	12	QM6	—
Total	Cldsb - 1	23	—	—

⁽¹⁾Erro a (resíduo); ⁽²⁾Erro b (resíduo); GL - graus de liberdade; QM – quadrado médio.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO PERÍODO EXPERIMENTAL

A cultura do milho responde à interação dos diversos fatores climáticos, embora, a radiação solar, a precipitação, a temperatura (LANDAU; SANS; SANTANA, 2008) e o vento (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000), sejam os de maior influência sobre a cultura. Estes fatores atuam eficientemente nas atividades fisiológicas interferindo diretamente na produtividade de grãos e na massa de matéria seca das plantas.

Neste sentido, ao analisar as condições climáticas transcorridas durante a condução do experimento (Figura 2), verificou-se que a precipitação pluvial pode ter comprometido o desenvolvimento das culturas envolvidas no consórcio. Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), para que a cultura do milho produza satisfatoriamente durante todo o ciclo, ela exige em média entre 350 e 500 mm de precipitação, entretanto, as máximas produtividades de grãos são observadas quando o consumo de água está entre 500 e 800 mm (FANCELLI, 2001). Desta forma, observou-se durante o período experimental uma precipitação pluvial total de 1.507,5 mm, ou seja, quantidade duas vezes maior que a máxima requerida para a cultura do milho. O excesso de chuvas trouxe consigo muitos dias nublados, o que pode ter intensificado os efeitos do sombreamento provocado pelas árvores de eucalipto nos tratamentos com condições de luminosidade sombreada.

A eficiência de interceptação de um dossel vegetal corresponde à capacidade que a população de plantas tem de interceptar a radiação solar incidente, a qual se constitui no principal fator que influencia a fotossíntese e a transpiração (THORPE, 1978). Portanto, a produtividade de uma cultura é função da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) absorvida pelas folhas e da eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química pelo processo fotossintético (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014). Porém, sabe-se que nem toda radiação solar interceptada é absorvida pelo dossel. Müller e Bergamaschi (2005) observaram que 92% da radiação interceptada pelo milho é absorvida pelo dossel das plantas.

Com relação a radiação solar global, observou-se que a média de radiação obtida durante a condução de todo o experimento foi igual a $17,87 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Entretanto, ressalta-se que durante o período compreendido entre os dias 11 de janeiro e 10 de fevereiro de 2013

houve uma redução de 22,4% ($14,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), em relação a média de radiação de todo o experimento.

Estes resultados indicam que, a redução da radiação solar global neste período, provocada pela grande quantidade de precipitação pluviométrica na região, pode ter intensificado os efeitos do sombreamento das árvores sobre o dossel das plantas de milho sombreadas. Este período coincidiu com o momento em que as plantas de milho encontravam-se entre os estádios fenológicos V6 (seis folhas totalmente desenvolvidas) e início de R1 (embonecamento e polinização). Nesta fase de desenvolvimento da planta ocorrem muitas transformações morfológicas e fisiológicas, como por exemplo, a definição do número de fileira de grãos (V8), o número de óvulos (grãos em potencial), o tamanho da espiga (V12) e o número de grãos por espiga (V17), cujos efeitos são diretamente relacionados ao rendimento final da planta (MAGALHÃES et al., 2002).

Neste trabalho, não foi mensurada a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) dentro da condição de luminosidade sombreada. Contudo, vale ressaltar que Crestani (2015), trabalhando na mesma área, com as mesmas condições de luminosidade, um ano após (dezembro de 2013 a julho de 2014) a execução dos presentes experimentos, com capim-piatã na condição de pastagem de segundo ano, encontrou nos tratamentos sob condição de luminosidade sombreada uma redução média de 55% da RFA, em relação a condição de luminosidade de pleno sol.

4.2 ANÁLISE NUTRICIONAL DA CULTURA DO MILHO

Na Tabela 3 e 5 constam os valores dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S, em plantas de milho semeadas nos experimentos com espaçamento entrelinhas, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio.

Tabela 3- Teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

		N	P	K	N	P	K
		g kg ⁻¹					
EXPERIMENTOS		Espaçamento 0,45 m			Espaçamento 0,90 m		
TRATAMENTOS							
Condições de Luminosidade (CL)							
	Pleno Sol	25,2 b	2,7 b	17,4 b	25,3	3,5	15,6
	Sombreado	27,0 a	3,2 a	19,5 a	24,6	3,6	18,7
	DMS (5%)	0,8	0,3	1,7	—	—	—
Densidade de Semeadura (DS)							
	0 kg ha ⁻¹	26,4	3,0	18,8	25,9	3,5	17,8
	2 kg ha ⁻¹	25,9	3,0	18,0	24,1	3,6	17,0
	4 kg ha ⁻¹	26,4	3,0	18,9	25,2	3,7	17,4
	6 kg ha ⁻¹	25,7	2,9	18,4	24,7	3,4	16,6
Teste F	CL	50,0 ^{**}	27,2 [*]	15,2 [*]	1,9 ^{ns}	4,4 ^{ns}	42,6 ^{**}
	DS	0,8 ^{ns}	0,8 ^{ns}	5,3 ^{ns}	1,6 ^{ns}	2,0 ^{ns}	3,5 [*]
	CL x DS	1,7 ^{ns}	1,0 ^{ns}	1,9 ^{ns}	1,1 ^{ns}	2,7 ^{ns}	5,6 ^{**}
Média Geral		26,1	3,0	18,5	25,0	3,5	17,2
CV (%)	CL	2,7	8,4	8,4	5,8	4,0	7,8
	DS	4,3	7,3	2,7	7,1	6,7	4,5

** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

CV (%): Coeficiente de Variação; DMS: Diferença Mínima Significativa.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

As condições de luminosidade influenciaram os teores de N, P e K nas folhas das plantas de milho, no experimento com espaçamento entrelinhas de 0,45 m, cujas plantas sombreadas apresentaram os maiores teores destes nutrientes, quando comparadas as plantas de pleno sol (Tabela 3). Com relação ao experimento com espaçamento entrelinhas de 0,90 m, houve diferenças apenas para os teores foliares de K (Tabela 3), onde pelo desdobramento da interação notou-se que as plantas sombreadas apresentaram maior teor de K em todas as

densidades de semeadura do capim-piatã, quando comparadas as plantas sob condições de luminosidade de pleno sol (Tabela 4).

Tabela 4- Desdobramento da interação condições de luminosidade x densidades de semeadura do capim-piatã, referente ao teor de potássio, em folhas da cultura do milho, no experimento com espaçamento 0,90 m⁽¹⁾. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

Condições de Luminosidade	Densidade de Semeadura (kg ha ⁻¹)				Regressões	
	0	2	4	6		
	K (g kg ⁻¹)				RL	RQ
Pleno Sol	15,3 b	15,5 b	16,2 b	15,5 b	ns	ns
Sombreado	20,3 a	18,4 a	18,5 a	17,7 a	*	ns
DMS (5%)	1,5					

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; ^{ns}Não significativo.

RL: regressão linear; RQ: regressão quadrática.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

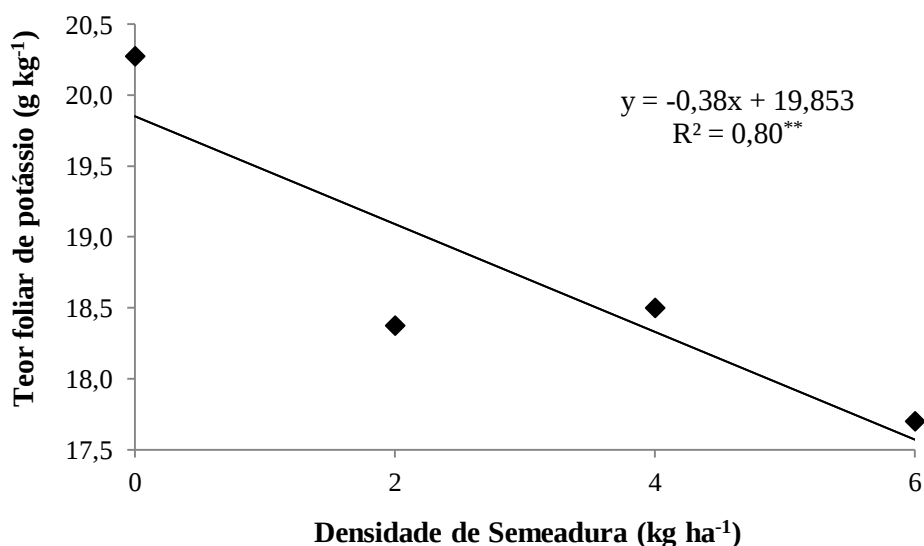
O incremento nos teores de N, P e K, no experimento com espaçamento de 0,45 m, e no teor de K para o experimento com espaçamento 0,90 m, observados nas plantas sombreadas, provavelmente se justificam, pelo fato de que o sombreamento promoveu modificações no desenvolvimento vegetal, como por exemplo, redução na produção de massa seca da planta do milho, ocasionando a concentração destes minerais. De acordo com Almeida et al. (2015), a luz não atua diretamente na absorção de elementos minerais pelas plantas, porém acarreta em modificações morfofisiológicas, como na fotossíntese, transpiração e respiração, entre outros, passíveis de alterar a sua composição mineral.

Em estudos com gramíneas forrageiras (CARVALHO et al., 1995; CARVALHO et al., 1997; CASTRO et al., 2001; ANDRADE et al., 2004) e com leguminosas forrageiras (ALMEIDA et al., 2015), são relatados acréscimos nos teores minerais desses vegetais. Para Carvalho et al. (1995), as forrageiras cultivadas sob condições de sombreamento apresentaram menor porcentagem de massa seca e maiores concentrações de N, P e K nas folhas do que as plantas cultivadas em pleno sol. De fato, muitos estudos com forrageiras apresentaram um efeito positivo do sombreamento sobre a concentração de minerais nas plantas sob sombreamento, sendo relacionado a sua menor taxa de crescimento (GARCIA; COUTO, 1997).

A densidade de semeadura do capim-piatã influenciou no acúmulo de potássio ($P < 0,01$) nas folhas das plantas de milho, dentro da condição de luminosidade sombreada no

experimento com espaçamento 0,90 m (Figura 4). Pelo desdobramento da interação verificou-se que, quanto maior a densidade de semeadura do capim-piatã, menor foi o acúmulo de potássio nas folhas de milho, se ajustando a uma equação linear. Provavelmente, a maior densidade de plantas de capim-piatã, aliado ao maior número de plantas de milho na linha (experimento com espaçamento 0,90 m) promoveu a competição inter e intraespecífica entre as espécies no consórcio. Os resultados são discordantes daqueles obtidos por Silva et al. (2015a), que trabalharam com milho consorciado com diferentes densidades populacionais de capim-piatã em sistema iLP, e não encontraram diferenças entre os tratamentos para o teor de K em folhas de milho.

Figura 4- Efeito das densidades de semeadura do capim-piatã dentro da condição de luminosidade sombreada, referente ao teor de potássio, em folhas da cultura do milho, no experimento com espaçamento 0,90 m. Sinop/MT, Brasil (2012/13).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Observou-se, no experimento com espaçamento 0,45 m, diferenças para as condições de luminosidade nos teores foliares de Mg e S das plantas de milho. As plantas sombreadas apresentaram os maiores teores destes nutrientes, quando comparadas as plantas de pleno sol. Assim como para os teores de N, P e K, as diferenças podem estar relacionadas com a redução na produção de massa seca do milho, ocasionando a concentração destes minerais. Por outro lado, no experimento com espaçamento 0,90 m não foram constatadas diferenças nos teores de Ca, Mg e S (Tabela 5).

Tabela 5- Teores foliares de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

		Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
		g kg ⁻¹					
EXPERIMENTOS		Espaçamento 0,45 m			Espaçamento 0,90 m		
TRATAMENTOS							
Condições de Luminosidade (CL)							
	Pleno Sol	3,4	1,6 b	1,6 b	3,4	2,1	1,5
	Sombreado	3,3	1,9 a	1,7 a	3,7	2,2	1,4
	DMS (5%)	—	0,1	0,07	—	—	—
Densidade de Semeadura (DS)							
	0 kg ha ⁻¹	3,5	1,9	1,6	3,5	2,1	1,5
	2 kg ha ⁻¹	3,2	1,8	1,6	3,5	2,0	1,4
	4 kg ha ⁻¹	3,6	1,7	1,6	3,7	2,2	1,5
	6 kg ha ⁻¹	3,5	1,8	1,7	3,7	2,0	1,3
Teste F	CL	0,3 ^{ns}	129,9 ^{**}	30,9 [*]	1,7 ^{ns}	1,3 ^{ns}	5,1 ^{ns}
	DS	3,5 ^{ns}	2,0 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,7 ^{ns}	2,7 ^{ns}	4,6 ^{ns}
	CL x DS	0,5 ^{ns}	1,0 ^{ns}	2,9 ^{ns}	1,3 ^{ns}	2,3 ^{ns}	1,4 ^{ns}
Média Geral		3,4	1,8	1,6	3,6	2,1	1,4
CV (%)	CL	17,1	4,1	3,7	20,7	11,1	7,1
	DS	7,9	6,6	7,1	11,1	8,3	7,4

** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

De acordo com Malavolta et al. (1997), os níveis nutricionais adequados as plantas da cultura do milho são: N (27,5 – 32,5 g kg⁻¹), P (2,5 – 3,5 g kg⁻¹), K (17,5 – 22,5 g kg⁻¹), Ca (2,5 – 4,0 g kg⁻¹), Mg (2,5 – 4,0 g kg⁻¹), S (1,5 – 2,0 g kg⁻¹). Diante do exposto, ao analisar a média geral dos teores de macronutrientes obtidos nos diferentes tratamentos e experimentos estudados, e comparar com aqueles descritos pelos autores como adequados, observa-se que os teores de P, K, Ca e S estão dentro do intervalo ideal preconizado, embora o N e o Mg estejam um pouco abaixo.

De maneira geral, a densidade de semeadura do capim-piatã não influenciou os teores de macronutrientes nas folhas das plantas de milho (Tabelas 3 e 5), exceto para o teor de K. Desta forma, pode-se inferir que não houve competição por nutrientes entre as culturas agrícolas envolvidas no consórcio. Entretanto, Silva et al. (2015a) que trabalharam com consórcio de milho em diferentes densidades populacionais de capim-piatã na região de

Viçosa/MG, sem a presença de árvores concluíram que o aumento na população de capim-piatã influenciou negativamente os teores de nutrientes das folhas de milho.

Na Tabela 6 estão contidos os teores foliares de B, Cu, Mn e Zn, em plantas de milho semeadas nos experimentos com espaçamento entrelinhas de 0,45 e 0,90 m, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio.

Tabela 6- Teores foliares de boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn) e Zinco (Zn), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

		B	Cu	Mn	Zn	B	Cu	Mn	Zn
		mg kg ⁻¹							
EXPERIMENTOS		Espaçamento 0,45 m				Espaçamento 0,90 m			
TRATAMENTOS									
Condições de Luminosidade (CL)									
	Pleno Sol	14,6	6,3 a	15,7 a	10,4	14,2	6,1 a	17,6 a	12,3
	Sombreado	14,6	5,6 b	15,0 b	11,2	15,7	4,9 b	16,3 b	12,0
	DMS (5%)	—	0,7	0,02	—	—	0,8	1,2	—
Densidade de Semeadura (DS)									
	0 kg ha ⁻¹	13,7	5,8	15,2	10,3	15,2	5,3	16,7	12,5
	2 kg ha ⁻¹	14,6	6,0	15,0	10,6	14,3	5,7	15,8	11,5
	4 kg ha ⁻¹	15,5	6,2	16,2	11,5	15,8	5,3	18,0	11,4
	6 kg ha ⁻¹	14,5	5,6	15,2	10,7	14,5	5,7	17,3	13,2
Teste F	CL	0,0 ^{ns}	10,4 [*]	141,6 ^{**}	2,2 ^{ns}	6,3 ^{ns}	20,5 [*]	11,0 [*]	0,1 ^{ns}
	DS	2,7 ^{ns}	0,4 ^{ns}	2,0 ^{ns}	4,1 [*]	4,7 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,9 ^{ns}	2,7 ^{ns}
	CL x DS	0,5 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,7 ^{ns}	9,8 ^{**}	1,4 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,7 ^{ns}	1,3 ^{ns}
Média Geral		14,6	5,9	15,4	10,8	15,0	5,5	16,9	12,1
CV (%)	CL	5,9	10,2	1,1	14,0	10,6	13,2	6,2	19,5
	DS	8,9	17,3	6,9	6,7	6,0	19,3	11,2	12,1

** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos, para o teor foliar de B no experimento com espaçamento 0,45 m, e nem para os teores foliares de B e Zn no experimento com espaçamento 0,90 m. Entretanto, em ambos os experimentos, observaram-se diferenças nos tratamentos com as condições de luminosidade, onde as plantas a pleno sol apresentaram maiores teores foliares de Cu e Mn, quando comparadas as plantas sombreadas.

O teor foliar de Zn, no experimento com espaçamento 0,45 m, foi influenciado pelas condições de luminosidade. As plantas sombreadas na densidade de semeadura de 6 kg ha⁻¹

do capim-piatã apresentaram maior teor do nutriente, quando comparadas com aquelas a pleno sol (Tabela 7).

Tabela 7- Desdobramento da interação condições de luminosidade x densidade de semeadura do capim-piatã, referente ao teor foliar de zinco, na cultura do milho, no experimento com espaçamento 0,45 m⁽¹⁾. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

Condições de Luminosidade	Densidade de Semeadura (kg ha ⁻¹)				Regressões	
	0	2	4	6		
	Zn (mg kg ⁻¹)				RL	RQ
Pleno Sol	9,7	11,1	11,3	9,3 b	ns	ns
Sombreado	10,9	10,0	11,7	12,0 a	ns	ns
DMS (5%)	1,6					

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

nsNão significativo.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

De acordo com Malavolta et al. (1997), os níveis nutricionais adequados de micronutrientes nas plantas da cultura do milho são: B (15 – 20 mg kg⁻¹), Cu (6 – 20 mg kg⁻¹), Mn (50 - 150 mg kg⁻¹), Zn (15 - 50 mg kg⁻¹). Ao comparar a média geral dos teores de micronutrientes obtidos nos tratamentos dos dois experimentos, com aqueles descritos como adequados pelos autores para a cultura do milho, verificou-se que os teores de todos os micronutrientes ficaram abaixo do intervalo ideal preconizado, exceto para o teor de B no experimento com espaçamento 0,90 m. Estes resultados reforçam a importância de se fazer a reposição de todos os nutrientes, principalmente os micronutrientes, que naturalmente em solos muito intemperizados estão em baixas concentrações. Marques et al. (2004) relataram que os solos do Cerrado apresentam teores totais de Cu, Zn e Mn equivalentes à metade do valor da média mundial. Eles atribuem esse fato, ao longo e intenso processo de intemperismo ocorrido nessa região.

A densidade de semeadura do capim-piatã não influenciou os teores de micronutrientes nas folhas das plantas de milho (Tabela 6), nos experimentos avaliados, exceto para a o teor de Zn, no experimento com espaçamento 0,45 m. Desta forma, pode-se inferir que não houve competição por estes nutrientes entre as culturas agrícolas envolvidas no consórcio.

4.3 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO

Os valores encontrados para a população inicial e população final de plantas na cultura do milho, semeadas nos experimentos com espaçamento entrelinhas de 0,45 e 0,90 m, estão expressos na Tabela 8 e não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

Tabela 8- Valores para a população inicial (PI) e para a população final de plantas (PF), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

		PI	PF	PI	PF
		plantas ha ⁻¹			
EXPERIMENTOS		Espaçamento 0,45 m		Espaçamento 0,90 m	
TRATAMENTOS					
Condições de Luminosidade (CL)					
Pleno Sol		58.298,8	55.902,8	47.961,8	47.430,6
Sombreado		58.402,8	57.916,8	47.175,7	46.527,7
DMS (5%)		—	—	—	—
Densidade de Semeadura (DS)					
0 kg ha ⁻¹		58.680,6	56.666,6	47.741,5	47.638,9
2 kg ha ⁻¹		58.472,4	57.361,1	47.569,6	47.083,4
4 kg ha ⁻¹		57.638,9	56.944,4	47.527,9	46.944,3
6 kg ha ⁻¹		58.611,1	56.666,9	47.436,0	46.250,0
Teste F	CL	0,1 ^{ns}	3,9 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,3 ^{ns}
	DS	0,6 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,2 ^{ns}
	CL x DS	0,1 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,8 ^{ns}	1,0 ^{ns}
Média Geral		58.350,8	56.909,8	47.568,8	46.979,1
CV (%)	CL	2,7	5,1	6,2	13,7
	DS	3,2	4,9	3,2	6,7

** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Vale ressaltar, que a baixa população inicial e população final de plantas observada nos tratamentos do experimento com espaçamento 0,90 m, ocorreu devido a uma falha de regulação da semeadora no campo, por isso os experimentos foram analisados separadamente.

As condições de luminosidade não influenciaram a altura de planta e a altura de inserção da primeira espiga do milho nos experimentos avaliados (Tabela 9). Os resultados

para a altura de planta corroboram com aqueles obtidos por Macedo et al. (2006), que trabalharam com milho consorciado com clones de eucalipto de dois anos de idade, sem a presença da forrageira, e não observaram diferenças entre os consórcios e o monocultivo de milho. Desta mesma forma, não foram observadas diferenças na altura de planta e na altura de inserção da primeira espiga do milho, entre as densidades de semeadura do capim-piatã nos experimentos testados. Segundo Cobucci et al. (2001); Kluthcouski e Yokoyama (2003), em trabalhos realizados na iLP, não existe competição entre as culturas, devido a diferença de tempo e espaço no acúmulo de biomassa entre as espécies em consórcio, *Urochloa*/milho e *Panicum*/milho.

Tabela 9- Valores de altura de planta (AP), altura de inserção da primeira espiga (AIE) e diâmetro de colmo (DC), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

		AP	AIE	DC	AP	AIE	DC
		cm					
EXPERIMENTOS		Espaçamento 0,45 m			Espaçamento 0,90 m		
TRATAMENTOS							
Condições de Luminosidade (CL)							
	Pleno Sol	196,8	96,4	1,6 a	207,3	104,7	1,7 a
	Sombreado	205,2	101,4	1,2 b	204,6	102,6	1,3 b
	DMS (5%)	—	—	0,1	—	—	0,2
Densidade de Semeadura (DS)							
	0 kg ha ⁻¹	197,2	95,5	1,4	202,7	101,2	1,5
	2 kg ha ⁻¹	201,9	100,3	1,5	207,8	106,4	1,5
	4 kg ha ⁻¹	204,9	100,7	1,5	206,5	103,9	1,5
	6 kg ha ⁻¹	199,9	99,0	1,4	207,0	103,2	1,5
Teste F	CL	1,4 ^{ns}	1,7 ^{ns}	85,7 ^{**}	0,4 ^{ns}	0,7 ^{ns}	55,4 ^{**}
	DS	3,0 ^{ns}	2,8 ^{ns}	2,0 ^{ns}	2,3 ^{ns}	2,2 ^{ns}	0,3 ^{ns}
	CL x DS	1,0 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,7 ^{ns}
Média Geral		201,0	98,9	1,4	206,0	103,6	1,5
CV (%)	CL	10,0	11,1	8,2	5,9	6,9	9,7
	DS	2,6	4,1	4,5	2,0	3,9	4,1

** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O diâmetro de colmo variou com as condições de luminosidade ($P < 0,01$) nos dois experimentos testados. Os maiores valores foram observados nas plantas de pleno sol, cujo

diâmetro foi superior em 0,38 cm (30,65%) e 0,39 cm (29,32%), respectivamente, para o experimento com espaçamento 0,45 e 0,90 m (Tabela 9). Certamente, a menor incidência de luminosidade sobre o dossel das plantas sombreadas, tenha sido o responsável pelo menor diâmetro de colmo das plantas de milho. De acordo com Fancelli e Dourado Netto (2000) e Gimenes et al. (2008), os fotoassimilados das folhas, uma vez produzidos são translocados para o colmo da planta, que são estruturas de armazenamento de sólidos solúveis, quanto maior for seu diâmetro, conseqüentemente maior será sua capacidade de armazenamento de fotoassimilados, o que contribui de forma considerável para a formação dos grãos.

Não foram observadas diferenças para a prolificidade entre os tratamentos testados no experimento com espaçamento 0,45 m. Por outro lado, no experimento com espaçamento 0,90 m, as plantas de pleno sol foram mais prolíficas que as sombreadas (Tabela 10). O maior número de espigas por planta obtido nas plantas de pleno sol pode estar relacionado com a baixa população de plantas do experimento (média geral 46.979 plantas ha⁻¹).

Tabela 10- Valores de prolificidade (PL), comprimento de espiga (CE) e diâmetro de espiga (DE), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

		PL	CE	DE	PL	CE	DE
		Espiga/planta	cm		Espiga/planta	cm	
EXPERIMENTOS		Espaçamento 0,45 m			Espaçamento 0,90 m		
TRATAMENTOS							
Condições de Luminosidade (CL)							
Pleno Sol		1,0	14,5 a	5,0	1,1 a	15,1 a	5,1
Sombreado		1,0	11,9 b	4,6	1,0 b	12,0 b	4,7
DMS (5%)		—	0,5	—	0,03	0,4	—
Densidade de Semeadura (DS)							
0 kg ha ⁻¹		1,0	13,2	4,8	1,1	13,5	4,9
2 kg ha ⁻¹		1,0	13,2	4,8	1,0	13,9	4,9
4 kg ha ⁻¹		1,0	13,3	4,8	1,1	13,6	4,9
6 kg ha ⁻¹		1,0	13,1	4,8	1,1	13,3	4,9
Teste F	CL	0,3 ^{ns}	227,0 ^{**}	136,3 ^{**}	103,7 ^{**}	485,0 ^{**}	90,9 ^{**}
	DS	0,7 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,2 ^{ns}	3,0 ^{ns}	0,7 ^{ns}
	CL x DS	0,3 ^{ns}	1,1 ^{ns}	3,4 [*]	0,7 ^{ns}	0,6 ^{ns}	3,8 [*]
Média Geral		1,0	13,2	4,8	1,1	13,5	4,9
CV (%)	CL	6,8	3,6	1,8	2,8	2,9	2,4
	DS	6,3	3,3	1,6	6,0	2,9	1,1

** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

De acordo com Ritchie et al. (1993) e Argenta et al. (2001), a redução na densidade populacional em milho possibilita a obtenção de plantas com maior número de espigas. Isso acontece porque, em baixas densidades, a competição intraespecífica pelos recursos do meio é pequena, disponibilizando às plantas os recursos necessários para o enchimento dos grãos em mais de uma espiga por planta (DEMÉTRIO, 2008). Diante do exposto, o não incremento no número de espigas nas plantas sombreadas, apesar de a população final de plantas não diferir entre as condições de luminosidade, parece indicar limitação de luminosidade.

O comprimento de espiga foi influenciado pelas condições de luminosidade testadas ($P < 0,01$), nos experimentos avaliados (Tabela 10). As espigas das plantas de pleno sol foram maiores que a das plantas sombreadas em 21,9 e 25,8%, respectivamente, para o experimento com espaçamento 0,45 e 0,90 m. Desta mesma forma, para o diâmetro de espigas verificou-se pelo desdobramento da interação ($P < 0,05$), em ambos os experimentos, que os maiores diâmetros foram observados nas plantas de pleno sol, independentemente da densidade de semeadura do capim-piatã (Tabela 11). Provavelmente, os menores comprimentos e diâmetros de espigas obtidos nas condições sombreadas, nos dois experimentos, podem estar relacionados com a menor quantidade de luminosidade incidente sobre as plantas de milho.

Tabela 11- Desdobramento da interação condições de luminosidade x densidade de semeadura do capim-piatã, referente ao diâmetro de espigas (cm), na cultura do milho, nos experimentos com espaçamentos⁽¹⁾. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

Condições de Luminosidade	Densidade de Semeadura (kg ha ⁻¹)				Regressões	
	0	2	4	6	RL	RQ
Espaçamento 0,45 m						
Pleno Sol	4,9 a	5,0 a	5,0 a	5,0 a	ns	ns
Sombreado	4,7 b	4,6 b	4,6 b	4,6 b	ns	ns
DMS (5%)	0,1					
Espaçamento 0,90 m						
Pleno Sol	5,1 a	5,1 a	5,1 a	5,2 a	ns	ns
Sombreado	4,8 b	4,7 b	4,7 b	4,7 b	ns	ns
DMS (5%)	0,1					

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

^{ns}Não significativo.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Segundo Fancelli (1986) e Magalhães et al. (2002), o comprimento da espiga na cultura do milho é definido, principalmente, no momento em que as plantas apresentam doze folhas plenamente desdobradas (V12). Sendo assim, qualquer adversidade que aconteça nessa fase, como a diminuição da luminosidade, pode resultar em redução no comprimento das espigas, provocando queda de produtividade. De acordo com Nielsen (2007), o decréscimo na radiação solar disponível às plantas, além de afetar o desenvolvimento das espigas, também diminuiu o número de espigas com grãos por planta e a massa de cem grãos.

Na Tabela 12 estão contidos os valores de número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produtividade de grãos, em plantas de milho semeadas nos experimentos com espaçamento entrelinhas de 0,45 e 0,90 m, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio.

Tabela 12- Valores do número de grãos por espiga (NGE), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (PG), na cultura do milho, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

		NGE	M100	PG	NGE	M100	PG
		— n° —	— g —	kg ha ⁻¹	— n° —	— g —	kg ha ⁻¹
EXPERIMENTOS		Espaçamento 0,45 m			Espaçamento 0,90 m		
TRATAMENTOS							
Condições de Luminosidade (CL)							
Pleno Sol		536,7	28,1 a	7.325,3a	550,3a	27,5 a	7.583,9 a
Sombreado		424,1	20,9 b	4.199,3b	396,1b	20,3 b	3.298,1 b
DMS (5%)		—	1,0	1.026,8	18,1	1,0	605,0
Densidade de Semeadura (DS)							
0 kg ha ⁻¹		477,3	24,7	5.604,5	467,1	24,1	5.677,0
2 kg ha ⁻¹		479,7	24,5	5.980,3	486,4	23,9	5.351,8
4 kg ha ⁻¹		492,7	24,7	5.878,2	480,3	23,7	5.470,3
6 kg ha ⁻¹		472,0	24,1	5.586,3	459,0	23,7	5.265,0
Teste F	CL	203,4 ^{**}	499,6 ^{**}	93,9 ^{**}	738,9 ^{**}	527,2 ^{**}	508,2 ^{**}
	DS	1,1 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,7 ^{ns}	2,8 ^{ns}	2,0 ^{ns}	1,4 ^{ns}
	CL x DS	3,9 [*]	0,7 ^{ns}	1,1 ^{ns}	1,3 ^{ns}	3,1 ^{ns}	0,7 ^{ns}
Média Geral		480,4	24,5	5.762,3	473,2	23,9	5.441,0
CV (%)	CL	4,7	3,7	15,8	3,4	3,7	9,9
	DS	4,9	3,7	11,4	4,4	1,6	7,8

** e * — significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O número de grãos por espiga é um dos caracteres que pode interferir diretamente na produtividade de grãos. Segundo Didonet et al. (2002), o número potencial de grãos por espiga é determinado quando as plantas atingem de 10 a 12 folhas completamente desenvolvida, muito antes do pendoamento. Nesse período, sob ausência de deficiência hídrica e nutricional, os principais fatores que condicionam o número de grãos e a produtividade do milho são a temperatura do ar e a radiação solar global incidente até o florescimento e/ou espigamento.

Ao analisar o número de grãos por espiga do presente trabalho, observou-se que as plantas a pleno sol produziram espigas com 154 grãos (39%) a mais que as plantas sombreadas, no experimento com espaçamento 0,90 m (Tabela 12). Desta mesma forma, no experimento com espaçamento 0,45 m, o número de grãos por espiga variou em função da interação entre os fatores testados, cujas plantas de pleno sol proporcionaram maior número de grãos por espiga em todas as densidades de semeadura do capim-piatã (Tabela 13), proporcionando um acréscimo médio de 113 grãos (27%) por espiga.

Tabela 13- Desdobramento da interação condições de luminosidade x densidades de semeadura do capim-piatã, referente ao número de grãos por espiga (NGE), na cultura do milho, no experimento com espaçamento 0,45 m⁽¹⁾. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

Condições de Luminosidade	Densidade de Semeadura (kg ha ⁻¹)				Regressões	
	0	2	4	6	RL	RQ
Pleno Sol	512,9 a	547,5 a	543,1 a	543,3 a	ns	ns
Sombreado	441,7 b	411,8 b	442,2 b	400,7 b	ns	ns
DMS (5%)	35,1					

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

^{ns}Não significativo.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Neste sentido, como não houve deficiência hídrica (Figura 2) e nutricional (Tabelas 3, 5 e 6), a redução de grãos por espiga pode estar relacionada com a limitação da luminosidade na condição sombreada, sendo intensificada pela menor incidência de radiação solar global (Figura 2) observada no período que coincide com o estabelecimento do número potencial de grãos por espiga, estendendo-se até o pendoamento da cultura (55 DAE – 10 de fevereiro de 2013).

Em um segundo momento, a maior sensibilidade à variação de luminosidade na cultura do milho pode ser verificada no início da fase reprodutiva, ou seja, no período correspondente aos primeiros 10 a 15 dias após o florescimento (FANCELLI; DOURADO

NETO, 2000). Este período é bastante crítico, pois se proteínas ou açúcares estão limitantes devido à seca, deficiência nutricional, tempo muito nublado ou sombreamento, os grãos na parte superior da espiga abortam e, apesar de fertilizados, não se desenvolvem (MAGALHÃES et al., 2002). Vale ressaltar que no presente trabalho, muitos grãos das pontas das espigas das plantas sombreadas encontravam-se murchos, fato não verificado nas plantas de pleno sol.

A massa individual do grão é o produto da duração do período efetivo de enchimento e da taxa de crescimento do grão, que por sua vez é dependente de fatores que controlam a oferta de assimilados para o seu pleno enchimento (KAPPES, 2010). No presente estudo, a massa de cem grãos apresentou efeito das condições de luminosidade ($P < 0,01$), nos experimentos testados. As plantas de pleno sol produziram grãos com maior massa (34,5 e 35,5%) que aqueles encontrados nas plantas sombreadas, respectivamente, para o experimento com espaçamento 0,45 e 0,90 m (Tabela 12). Assim como para o número de grãos por espiga, pode-se atribuir tal resultado ao sombreamento provocado pelas árvores de eucalipto sobre as plantas de milho.

O desenvolvimento do grão de milho (do enchimento à maturação) completa-se em média de 50 a 60 dias após a fertilização. Períodos nublados (reduzida intensidade luminosa) ou condições de sombreamento podem acarretar na redução da fotossíntese, o que eleva o nível de estresse da planta e implica na redução da taxa de acúmulo de massa seca do grão e, consequentemente, redução na produção final de grãos (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; MAGALHÃES et al., 2002).

A produtividade de grãos de milho foi influenciada pelas condições de luminosidade ($P < 0,01$) nos experimentos com espaçamentos (Tabela 12). As plantas de pleno sol produziram 3.126,0 kg ha⁻¹ (74,5%) e 4.285,8 kg ha⁻¹ (130,0%) a mais que as plantas sombreadas, respectivamente, para o experimento com espaçamento 0,45 e 0,90 m. A menor produtividade de grãos de milho obtida na condição sombreada, em ambos os experimentos, certamente são resultado da menor incidência de luminosidade nas plantas de milho, uma vez que suas espigas tiveram menor comprimento e diâmetro, além do menor número e massa de grãos. Segundo Magalhães et al. (2002), uma das causas da queda de produtividade do milho é a limitação de luz em períodos críticos do desenvolvimento, como, por exemplo, no enchimento de grãos. O milho por ser uma planta de metabolismo C₄ apresenta alta eficiência na utilização de luz e CO₂. Logo, grande parte da massa seca do milho (90%) provém da fixação de CO₂, pelo processo da fotossíntese.

Os resultados do presente estudo corroboram com aqueles obtidos por Ding e Su (2010), que avaliaram o efeito do sombreamento de árvores sobre a produtividade de grãos do milho, em sistema agroflorestal, e concluíram que a queda na produtividade das plantas sombreadas, em comparação às completamente expostas ao sol, esteve relacionada a alterações na radiação fotossinteticamente ativa incidente, à temperatura do ar e à concentração de CO₂. Macedo et al. (2006), também verificaram diminuição da produtividade de grãos dos consórcios de milho com eucalipto quando comparados com o monocultivo de milho.

Não foram observadas diferenças entre as densidades de semeadura do capim-piatã, para a produtividade de grãos do milho nos experimentos avaliados. Este resultado indica que a presença da forrageira, quando semeada simultaneamente ao milho, não interfere na produtividade de grãos do milho. Os resultados são discordantes daqueles observados por Silva et al. (2015b), que trabalharam com o milho consorciado com *U. ruziziensis* em três sistemas de cultivo e observaram que a produtividade de grãos aumentou nos sistemas Santa Fé e no sistema de iLPF com mogno africano, quando comparados com o sistema convencional de cultivo.

4.4 PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE MILHO E DE CAPIM-PIATÃ

Na Tabela 14 encontram-se os valores de massa seca de plantas de milho, massa seca do capim-piatã no pendoamento do milho e massa seca do capim-piatã na colheita do milho, semeadas nos experimentos com espaçamento entrelinhas de 0,45 e 0,90 m, em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio.

Ao analisar a massa seca de plantas de milho observou-se que houve efeito das condições de luminosidade ($P < 0,01$) e das densidades de semeadura do capim-piatã ($P < 0,05$) para o experimento com espaçamento 0,45 m. As plantas de pleno sol produziram 3.421,6 kg ha⁻¹ ou 43,3% a mais que as plantas sombreadas. Os resultados obtidos nas condições sombreadas indicam que a redução da luminosidade prejudicou a produção de massa seca das plantas de milho.

Tabela 14- Valores de massa seca de plantas de milho (MSM), massa seca do capim-piatã no pendoamento do milho (MCP) e massa seca do capim-piatã na colheita do milho (MCC), em função das condições de luminosidade e das densidades de semeadura do capim-piatã no consórcio, nos experimentos com espaçamentos. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

		MSM	MCP	MCC	MSM	MCP	MCC
		kg ha ⁻¹					
EXPERIMENTOS		Espaçamento 0,45 m			Espaçamento 0,90 m		
TRATAMENTOS							
Condições de Luminosidade (CL)							
	Pleno Sol	11.332,9 a	1.722,5	7.791,5 a	12.052,8	2.270,6	10.376,2 a
	Sombreado	7.911,3 b	1.523,5	5.095,6 b	5.949,3	2.275,9	6.348,4 b
	DMS (5%)	1.570,0	—	1.629,5	—	—	1.333,5
Densidade de Semeadura (DS)							
	0 kg ha ⁻¹	10.118,8	—	—	9.431,0	—	—
	2 kg ha ⁻¹	9.805,9	1.654,4	4.703,6 b	10.048,8	1.658,6 c	5.951,8 c
	4 kg ha ⁻¹	9.928,8	1.623,3	6.024,5 b	9.233,1	2.337,3 b	7.889,9 b
	6 kg ha ⁻¹	8.635,1	1.591,4	8.602,5 a	7.291,1	2.823,9 a	11.245,3 a
	DMS (5%)	—	—	1.876,4	—	217,1	1.254,1
Teste F	CL	48,1 ^{**}	2,3 ^{ns}	27,7 [*]	131,3 ^{**}	0,0 ^{ns}	92,4 ^{**}
	DS	5,4 ^{**}	0,1 ^{ns}	15,9 ^{**}	9,5 ^{**}	103,5 ^{**}	65,0 ^{**}
	CL x DS	1,9 ^{ns}	0,0 ^{ns}	2,3 ^{ns}	4,2 [*]	1,7 ^{ns}	0,7 ^{ns}
Média Geral		9.622,1	1.623,0	6.443,5	9.001,0	2.273,3	8.362,3
CV (%)	CL	14,5	19,9	19,5	16,7	8,1	12,3
	DS	8,5	23,4	21,8	12,2	7,2	11,2

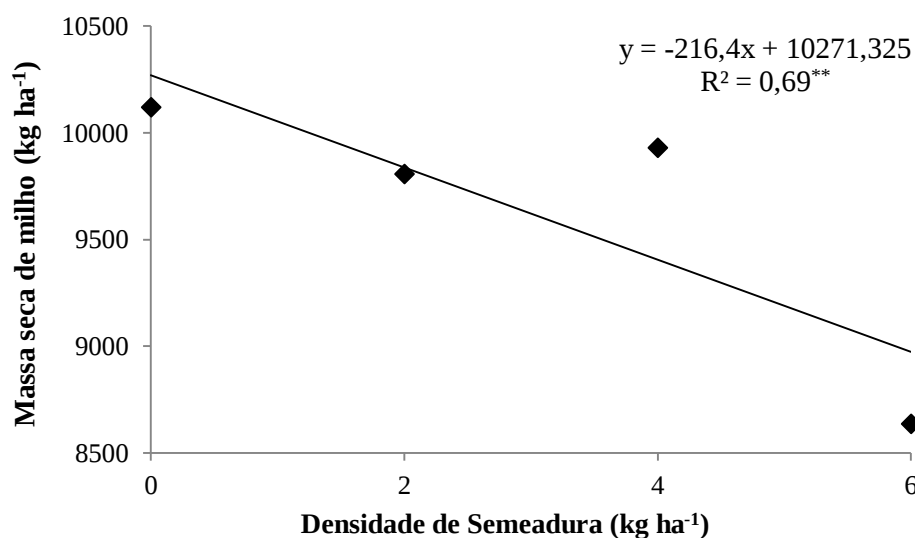
^{**} e ^{*} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O aumento da densidade de semeadura do capim-piatã proporcionou redução linear da massa seca de plantas de milho, equivalente a 216,4 kg ha⁻¹ para cada acréscimo de 1,0 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis, no experimento com espaçamento 0,45 m (Figura 5), demonstrando que tal incremento, ao promover maior competição interespecífica pelos recursos do meio, prejudica o acúmulo de massa seca pelas plantas de milho.

Figura 5- Efeito das densidades de sementeira do capim-piatã na massa seca de plantas de milho (MSM), no experimento com espaçamento 0,45 m. Sinop/MT, Brasil (2012/13).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Foi observada interação significativa entre os fatores ($P < 0,05$) para a massa seca de plantas de milho, no experimento com espaçamento 0,90 m (Tabela 15). As plantas de pleno sol produziram 99, 115, 122 e 71% a mais que as plantas sombreadas, respectivamente, para as densidades de sementeira de 0, 2, 4 e 6 kg ha⁻¹ do capim-piatã.

Tabela 15- Desdobramento da interação condições de luminosidade x densidades de sementeira do capim-piatã, referente a massa seca das plantas de milho (kg ha⁻¹), na cultura do milho, no experimento com espaçamento 0,90 m⁽¹⁾. Sinop/MT, Brasil (2012/13).

Condições de Luminosidade	Densidade de Sementeira (kg ha ⁻¹)				Regressões	
	0	2	4	6	RL	RQ
Pleno Sol	12.560,0 a	13.718,0 a	12.732,3 a	9.200,8 a	**	**
Sombreado	6.302,0 b	6.379,5 b	5.734,0 b	5.381,5 b	ns	ns
DMS (5%)	1.837,1					

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

**Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F; nsNão significativo.

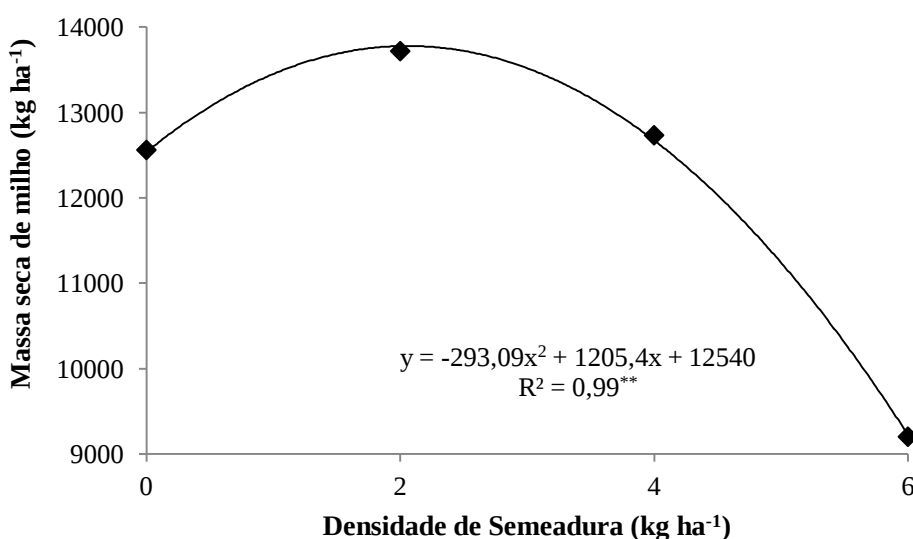
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Estes resultados indicam que houve competição intra e interespecífica no consórcio, onde, devido a menor população de plantas do milho, somada ao arranjo espacial das plantas de milho na área (espaçamento 0,90 m), promoveu uma maior incidência de luminosidade abaixo do dossel do milho, fazendo com que as forrageiras se desenvolvessem mais e

produzissem maior quantidade de massa seca. A relação mais estreita entre os tratamentos pleno sol e sombreado, na densidade de semeadura de 6 kg ha⁻¹, parece indicar que a condição sombreada intensificou os efeitos da competição interespecífica entre as espécies no consórcio (Tabela 15).

A densidade de semeadura do capim-piatã no experimento com espaçamento 0,90 m influenciou a produção de massa seca das plantas de milho, na condição de pleno sol, ajustando-se a uma equação quadrática (Figura 6). O aumento da densidade de semeadura do capim-piatã a partir de 2,06 kg ha⁻¹ promoveu a redução da massa seca das plantas de milho. Possivelmente, a baixa população de plantas de milho, somado ao espaçamento da cultura e ao aumento da densidade de semeadura do capim-piatã promoveram maior competição interespecífica pelos recursos do ambiente, prejudicando o acúmulo de massa seca pelas plantas de milho.

Figura 6- Efeito das densidades de semeadura do capim-piatã dentro da condição de luminosidade a pleno sol, referente a massa seca de plantas de milho (MSM), no experimento com espaçamento 0,90 m. Sinop/MT, Brasil (2012/13).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Não houve diferenças entre os tratamentos para a massa seca do capim-piatã no momento do pendoamento do milho, no experimento com espaçamento 0,45 m (Tabela 14). Este resultado pode ser justificado pela adequada distribuição espacial das plantas de milho na área, que de acordo com Lara Cabezas (2011), o milho por ser uma cultura de maior desenvolvimento vegetativo, tende a inibir o crescimento da planta forrageira em consórcio,

resultando em menores acúmulos de massa seca pela forrageira, mesmo em densidades de semeadura elevadas. Neste sentido, a utilização de espaçamento reduzido constitui-se numa prática de manejo de plantas daninhas na cultura do milho. Além disso, em condições de reduzida luminosidade, precipitação pluvial e deficiência de nutrientes, as plantas cultivadas em espaçamentos reduzidos podem apresentar maior aproveitamento dos recursos limitados (NUMMER FILHO; HENTSCHEKE, 2006).

Por outro lado, houve diferenças ($P < 0,01$) entre os tratamentos para o experimento com espaçamento 0,90 m, cuja densidade de semeadura do capim-piatã de 6 kg ha^{-1} produziu 21,0 e 70,2% a mais que as densidades de semeadura de 4 e 2 kg ha^{-1} , respectivamente. Estes resultados são justificados por dois aspectos, o primeiro, devido ao arranjo de plantas do espaçamento em questão, que permite maior incidência de luminosidade na entrelinha da cultura, e o segundo aspecto refere-se a metodologia de avaliação, uma vez que para a determinação da mesma coletou-se o capim-piatã da linha e da entrelinha da cultura para compor a média.

A massa seca do capim-piatã colhida no momento da colheita do milho apresentou efeito significativo das condições de luminosidade ($P < 0,05$), nos experimentos avaliados (Tabela 14). Em condições de pleno sol houve acréscimo de 52,9 e 63,5% na produção de massa seca do capim-piatã, quando comparados às condições sombreadas, respectivamente para o experimento com espaçamento 0,45 e 0,90 m. Estes resultados reforçam a hipótese de que o sombreamento provocado pelas árvores de eucalipto reduziu a produção de massa seca do capim-piatã, assim como ocorreu com a maioria das variáveis avaliadas no milho.

A menor quantidade de massa seca obtida nas condições sombreadas também foi relatada por Andrade et al. (2004), que verificaram decréscimo de 60% na taxa de acúmulo de massa seca de *U. brizantha* em cultivo solteiro, quando as plantas foram submetidas ao sombreamento intenso (70% de redução da luminosidade), em relação à condição de pleno sol. O mesmo também foi evidenciado por Paciullo et al. (2007), cujo sombreamento intenso (65%) reduziu os valores de massa de forragem, densidade de perfilhos e índice de área foliar da *U. decumbens*, em cultivo solteiro. Carvalho et al. (1997), também observaram que a taxa de crescimento e a produção de forragem decresceram com o aumento do sombreamento, embora, dependendo da espécie, maiores rendimentos forrageiros poderiam ser obtidos, em condições de sombra moderada.

No experimento com espaçamento 0,45 m, a densidade de semeadura de 6 kg ha^{-1} proporcionou acréscimo de massa seca de 42,8 e 82,9%, quando comparados com os tratamentos com 4 e 2 kg ha^{-1} de capim-piatã, respectivamente. Desta mesma forma, no

experimento com espaçamento 0,90 m, a densidade de semeadura de 6 kg ha⁻¹ proporcionou aumento de massa seca de 42,5 e 88,9%, quando comparados com os tratamentos com 4 e 2 kg ha⁻¹ de capim-piatã, respectivamente. Estes resultados indicam que a partir do momento em que se inicia a senescência do milho, o desenvolvimento do capim torna-se rápido, devido a maior quantidade de luminosidade que chega ao dossel das plantas de capim, promovendo nas maiores densidades de semeadura o maior acúmulo de massa seca de forragem.

De maneira geral, pode-se inferir que o capim-piatã não competiu com a cultura do milho, pois não foram observadas diferenças nas características agronômicas do milho entre os tratamentos com as densidades de semeadura.

Vale ressaltar, que apesar da baixa produtividade de grãos obtida nas condições sombreadas, em ambos os experimentos, o cultivo do milho é indispensável dentro de um sistema integrado de produção de leite ou carne pelas inúmeras aplicabilidades deste cereal. Neste sentido é de suma importância, no momento do planejamento, identificar qual é a principal atividade (produto) do sistema. Ou seja, quando se deseja privilegiar a produção de madeira, pode-se utilizar espaçamentos menores entre o renques ou maior número de linhas em cada renque (maior número de árvores por hectare). Para privilegiar a atividade agrícola ou pecuária, podem-se utilizar espaçamentos maiores entre os renques ou renques com menor número de linhas (PORFIRIO-DA-SILVA, 2007). Desta forma, é possível aumentar a produtividade de grãos de milho e/ou longevidade da atividade agrícola no sistema iLPF.

5 CONCLUSÕES

O sombreamento provocado por árvores de eucalipto, com dois anos de idade proporciona reduções nos componentes de produção, na produtividade de grãos e na produção de massa seca da cultura do milho, assim como, diminui a massa seca do capim-piatã no momento da colheita do milho, independentemente do espaçamento utilizado.

As densidades de semeadura do capim-piatã não comprometem as características agronômicas da cultura do milho, em consórcio. Entretanto, reduz de forma intensa a massa seca das plantas de milho.

Em sistemas integrados, visando a produção de forragem para o gado, recomenda-se a densidade de semeadura de 6 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis de capim-piatã, independentemente do espaçamento entrelinhas utilizado pela cultura do milho.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. G. Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. In: ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL, 7., 2010, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: UFMS, 2010. p.1-10. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, R. G. de.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2011. Cap. 3, p. 25-35.
- ALMEIDA, J. C. C.; ROCHA, N. S.; NEPOMUCENO, D. D.; ARAÚJO, R. P.; SILVA, T. O.; MORENZ, M. J. F.; ABREU, J. B. R.; CARVALHO, C. A. B.; MACEDO, R. O. Composição mineral de leguminosas forrageiras cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Maringá, v. 36, n. 1, p. 367-376, 2015.
- ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. A cultura do milho na Integração Lavoura Pecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 106-126, 2006.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, J. L. G. de; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, p. 711-728, 2013.
- AMBIENTE BRASIL. 2009. **Silvicultura do eucalipto (*Eucalyptus spp.*)**. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./florestal/index.html&conteudo=./florestal/eucalipto.html#d>>. Acesso em: 01 jun. 2016.
- ANDRADE, C. M. S. de; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. L. de. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1845-1850, 2003.
- ANDRADE, C. M. S.; VALENTIN, J. F.; CARNEIRO, J. da C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; CAMPANHA, M. M.; FRANÇA, F. M. C. F.; SILVAN, N. L. S. da; SOUSA NETO, J. M. Sistemas de produção Agrossilvipastoril no Semiárido do Ceará. In: INTERNATIONAL CONFERENCE: CLIMATE, SUTAINABILITY AND DEVELOPMENT IN SEMI-ARID REGIONS, 2, 2010, Fortaleza, Brasil. **Sistemas de produção agrossilvipastoril no semiárido do Ceará**. 2010. 17 p.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.

AZEVEDO, C. M. B. C. de; SILVA, A. R.; ALVES, L. W. R.; FERNANDES, P. C. C.; CARVALHO, E. J. M.; VELOSO, C. A. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M. de; SILVEIRA FILHO, A. Desempenho dos Componentes Agrícolas e da Teca (*Tectonia grandis* L.F) em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Município de Terra Alta – PA. In: I Workshop Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Rondônia, Vilhena, 2010. **Anais...** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2010. p.45-54.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. de; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. i-xii, 2011a.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (Ed). **Marco referencial em integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011b. 130p.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; MARTÍNEZ, G. B. Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 6, p. 1163-1175, 2011c.

BARDUCCI, R. S. et al. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222. 2009.

BAUMER, M. Animal production, agroforestry and similar techniques. **Agroforestry Abstracts**, Wallingford, v. 4, n. 4, p. 179-198, 1991.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BRASIL. **Decreto n.7.390, de 9 de dezembro de 2010**. Que institui a política nacional sobre mudança do clima – PNMC, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, p. 4, 10 de dez de 2010.

BRAVIN, M. P.; OLIVEIRA, T. K. Adubação nitrogenada em milho e capim-xaraés sob plantio direto e preparo convencional em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 10, p. 762-770, 2014.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J. Dairy housing. In: NATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 2, 1983, St. Joseph, Michigan. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE. p. 100-107, 1983.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; ANDRADE, A. P. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenathera macrocarpa* Benth). **Pasturas Tropicais**, Cali, v. 17, n. 1, p. 24-30, 1995.

CARVALHO, M. M.; SILVA, J. L. O.; CAMPOS JÚNIOR, B. A. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em sub bosque de angico-vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 51-67, 1997.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1959-1968, 2001.

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C. **Boas práticas para a implantação de sistemas silvipastoris**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2006. 6 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 50).

COBUCCI, T. Manejo integrado de plantas daninhas em sistema de plantio direto. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa: UFV, 2001. p. 583-624, 2001.

COMBE, J.; BUDOWSKI, G. Clasificación de las técnicas agroforestales: una revisión de literatura. In: _____. **Taller sistemas agroforestales en América Latina**. Turrialba, Costa Rica, Gonzalo De Las Saías, 1979. p. 17-47.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Décimo segundo levantamento. Brasília: Conab, 2016. v. 12, 182 p.

CRESTANI, S. **Respostas morfogênicas e dinâmica da população de perfilhos e touceiras em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra em área de integração lavoura-pecuária-floresta**. 2015. 101 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

DANIEL, O.; COUTO, L.; VITORINO, A. C. T. Sistemas agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO- SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1., Goiânia, 1999. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1999. p. 151-170.

DANIEL, O.; BITTENCOURT, D.; GELAIN, E. Avaliação de um sistema agroflorestal eucalipto-milho no Mato Grosso do Sul. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 1, p.15-28, 2004.

DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZEINAB, M.H.J.; MAASSEN, A. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. Trichoglume). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Amsterdam, v.44, p. 111-124, 1996.

DEMÉTRIO, C. S. **Desempenho agrônômico de híbridos de milho em diferentes arranjos populacionais em Jaboticabal – SP**. 2008. 53 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190 p.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 7, p. 933-938, 2002.

DING, S.; SU, P. Effects of tree shading on maize crop within a Poplar maize compound system in Hexi Corridor oasis, northwestern China. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 80, p. 117-129, 2010.

DOMINGUES, M. S. **Produtividade da forragem de milho e capim-marandu integrados em sistema agrossilvipastoril com eucalipto**. 2015. 62 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Campus Experimental de Dracena, Universidade Estadual Paulista, Dracena, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FANCELLI, A. L. **Plantas alimentícias**: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: CALQ, 1986. 131 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

FANCELLI, A. L. Ecofisiologia de plantas de lavouras. In: CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M.; CERETTA, C. A. **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**, Santa Maria, 2001. p. 59-71.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L.; NASCIMENTO, P. G. M. L. Culturas agrícolas em Sistema Agrossilvipastoril. In: OLIVEIRA NETO, S. N.; VALE, A. B.; NACIF, A. P.; VILAR, M. B.; ASSIS, J. B. **Sistema Agrossilvipastoril**: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta. Viçosa, 2010. p. 69-103.

FREITAS, M. A. M. **Impacto do consórcio milho-braquiária no crescimento, características nutricionais e fisiológicas do milho e na atividade da microbiota do solo**. 2013. 49 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

GARCIA, R.; COUTO, L. Silvopastoral systems: emergent technology of sustainability. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 281-302.

GARCIA, R.; BERNARDINO, F. S.; GARCEZ NETO, A. F. Sistemas silvipastoris. In: FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 5. 2005, LAVRAS. **Anais...** Lavras: Editora UFLA, 2005, p.1-64.

GARCIA, R.; TONUCCI, R.G.; GOBBI, K.F. Sistemas silvipastoris: uma integração pasto, árvore e animal. In: OLIVEIRA NETO, S. N.; VALE, A. B.; NACIF, A. P.; VILAR, M. B.;

ASSIS, J. B. (Ed.). **Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**, Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. 189 p.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LIMA, A. E. S.; BUZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 157-163, 2012.

GIMENES, M. J.; VICTORIA FILHO, R.; PRADO, E. P.; POGETTO, M. H. F. do A. D.; CHRISTOVAM, R. S. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da FZVA**, v. 15, n. 2, p. 61-76, 2008.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório ibá 2015: ano base 2014**. Brasília: Design and DTP Studio 113. 2015. 80p. Disponível em: http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf. Acesso em: 15 jun. 2016.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 553-560, 2004.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

KAPPES, C. **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas**. 2010. 127 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. **Sistemas de integração pecuária e lavoura como formas de otimização do processo produtivo**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2002. 5p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 74).

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de COSTA, J. L. da S.; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BACELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé: tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Circular técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema santa fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura e pecuária**. Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 407-441.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Cap. 4, p. 131-141.

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M.; CECCON, G.; OLIVEIRA, P. Braquiária na Agropecuária Brasileira: uma História de Sucesso. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 17-26.

KRUSCHEWSKY, G. C.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; OLIVEIRA, T. K. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp. em sistema agrossilvipastoril no Cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 360-367, 2007.

KUCSEVA, C. D.; BALBUENA, O.; STAHRINGER, R.; SLANAC, A. L. Efecto de la provision de sombra o su falta sobre el confort en terneros destetados precozmente. **Comunicaciones Científicas y Tecnológicas**, v. 25, p. 123-129, 2004.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do milho**: clima e solo. 4. ed. 2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/climaesolo.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

LARA CABEZAS, W. A. R. Manejo de gramíneas cultivadas em forma exclusiva e consorciada com *Brachiaria ruziziensis* e eficiência do nitrogênio aplicado em cobertura. **Revista Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, p. 130-145, 2011.

MACEDO, R. L. G.; BEZERRA, R. G.; VENTURIN, N.; VALE, R. S.; OLIVEIRA, T. K. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agronômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 701-709, 2006.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B. ; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010a. 331 p.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; COSTA, K. L.; VENTURIN, R. P.; GONCALVES, S. V. B. Sistemas integrados de produção agrossilvipastoril com eucalipto. In: SANTOS, L. D. T.; SALES, N. de L. P.; DUARTE, E. R.; OLIVEIRA, F. L. de; MENDES, L. R. (Org.). **Integração lavoura-pecuária-floresta**: alternativa para produção sustentável nos trópicos. Montes Claros: UFMG, 2010b. v. 1, p. 39-48.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2002. 23p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 22). Disponível em: <<https://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/circul22.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MARQUES, J. J.; SCHULZE, D. G.; CURI, N.; MERTZMAN, S. A. Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 121, p. 31-43, 2004.

MONIZ, C. V. D. **Comportamento inicial do eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell), em plantio consorciado com milho (*Zea mays* L.) no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais**. 1987. 61 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.

MONTAGNINI, F. (Ed.). **Sistemas agroflorestais**: principios y aplicaciones en los trópicos. 2. ed. San José, Costa Rica: Organización para Estudios Tropicales (OET), 1992. 622 p.

MOTA, V. A. **Integração lavoura – pecuária – floresta na recuperação de pastagens degradadas no norte de Minas Gerais**. 2010. 112 f. Dissertação (Ciências Agrárias), Agroecologia, do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais.

MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H. Eficiências de interceptação, absorção e de uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n.1, p. 27-33, 2005.

NIELSEN, R. L. **Ear size determination in corn**. Corny News Network, West Lafayette, IN., 2007. Disponível em: <http://www.kingcorn.org/news/timeless/EarSize.html>. Acesso em: 15 dez. 2015.

NUMMER FILHO, I.; HENTSCHE, C. W. Redução do espaçamento entre linhas na cultura do milho. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 5 n. 92, 2006.

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M.; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L. C. **Sistema barreira**: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPACNPAP, 1996. 90 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 64).

OLIVEIRA, I. P. **Palhada no sistema Santa Fé**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 2001. 4 p. (Informações Agronômicas, 93).

OLIVEIRA, I. P.; YOKOYAMA, L. P. Implantação e condução do sistema barreira. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Cap. 9, p. 265-302.

OLIVEIRA, T. K. de. **Sistema agrossilvipastoril com eucalipto e braquiária sob diferentes arranjos estruturais em área de Cerrado**. 2005. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; BOTELHO, A. S.; HIGASHIKAWA, E. M.; MAGALHÃES, W. M. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 40-50, 2007.

OLIVEIRA NETO, S. N. de; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; LEITE, G. L. Arranjos estruturais do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril e seu manejo por desrama e desbaste. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, p. 47-58, 2010.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PANTANO, A. C. **Semeadura de braquiária em consorciação com milho em diferentes espaçamentos na integração agricultura-pecuária em plantio direto**. 2003. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em

consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011.

PEREIRA, R. G. A.; TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; MAGALHÃES, J. A. Influência do sombreamento das pastagens com castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) na produção de leite de vacas mestiças em Rondônia. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA E EXTENSÃO RURAL, 2. **Anais...** Rondônia:[S.n.], 2008. 4 p.

PIRES, M. F. A.; SALLA, L. E.; PACIULLO, D. S.; CASTRO, C. R. T.; MOSTARO, L. E.; AROEIRA, L. J.; OLIVEIRA, M. C.; NASCIMENTO, F. C. Comportamento de novilhas mestiças Holandês x Zebu manejadas em pastagens de *Brachiaria decumbens* ou em sistema silvipastoril. In: **ALPA**, 2007.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. A integração “lavoura-pecuária-floresta” como proposta de mudança no uso da terra. In: FERNANDES, E. N.; MARTINS, P. do C.; MOREIRA, M. S. de P.; ARCURI, P. B. (Ed.). **Novos desafios para o leite no Brasil**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 197-210.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo: Embrapa Florestas. 2009. 48 p.

RESENDE, A. V. de; SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A.; ARNS, L. L. K.; RIBEIRO, L. F. Adubação e arranjo de plantas no consórcio milho e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 38, n. 4, p. 269-275, 2008.

REYNOLDS, P. E.; SIMPSON, J. A.; THEVATHASAN, N. V.; ANDREW, M.G. Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree based agroforestry intercropping system in Southern Ontario, Canadá. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 29, p. 362-371, 2007.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops?** Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p.

SILVA, J. M. S. da. **Estudo silvicultural e econômico do consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas sob diferentes espaçamentos em áreas acidentadas**. 1999. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

SILVA, A. R. B.; BENEZ, S. H. Cultivares de milho: Produtividade em diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 77-90, 2005.

SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; ESPINAL, F. S. C.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 2853-2861, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000700032.

SILVA, A. R.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; ALVES, L. W. R.; AZEVEDO, C. M. B. C.; SILVEIRA FILHO, A.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M.; A FERNANDES, P. C. C. (2010). Desenvolvimento do componente agrícola e da espécie Eucalipto (*Eucalyptus*

urophylla) em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Município de Paragominas – PA. In: WORKSHOP INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM RONDÔNIA, 1, 2010, Vilhena. **Anais...** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2010. (EMBRAPA, Série Documentos nº 141)

SILVA, D. V.; PEREIRA, G. A. M.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, G. S.; FERREIRA, L. R.; CECON, P. R. Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, 2015a.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. Cultivo de milho em diferentes sistemas integrados de manejo de um Latossolo Amarelo. **Cerrado Agrocências**, Patos de Minas, n. 6, p. 65-74, 2015b.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

THORPE, M.R. Net radiation and transpiration of apple trees in rows. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 19, n. 1, 41-57, 1978.

TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v. 48, p. 1211-1218, 2008. DOI: 10.2135/cropsci2007.07.0390.

VIANA, M. C. M.; FREIRE, F. M.; LARA, J. F. R.; GUIMARÃES, C. G.; MACÊDO, G. A. R.; NETO, M. M. G.; TEIXEIRA, M. F. F. Características agronômicas do milho cultivado para silagem no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade. **Anais...** Goiânia: ABMS, 2010. 1 CD-ROM.

VICTÓRIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: ZAMBOLIN, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa: UFV, 2003. p. 317-371.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Biomassa em povoamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra e do milho em sistema agrossilvicultural. **Cerne**, Viçosa, v. 17, p. 259-265, 2011. DOI: 10.1590/S0104-77602011000200014.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; SOUSA, D. M. G. de. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 21 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 42).

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 1127-1138, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001000003.

ZIMMER, A. H. et al. Sistemas integrados de producción agropastoril. In: GUIMARÃES, E. P. et al. (Ed.). **Sistemas agropastorales en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT/Embrapa, 1999. p. 245-283.